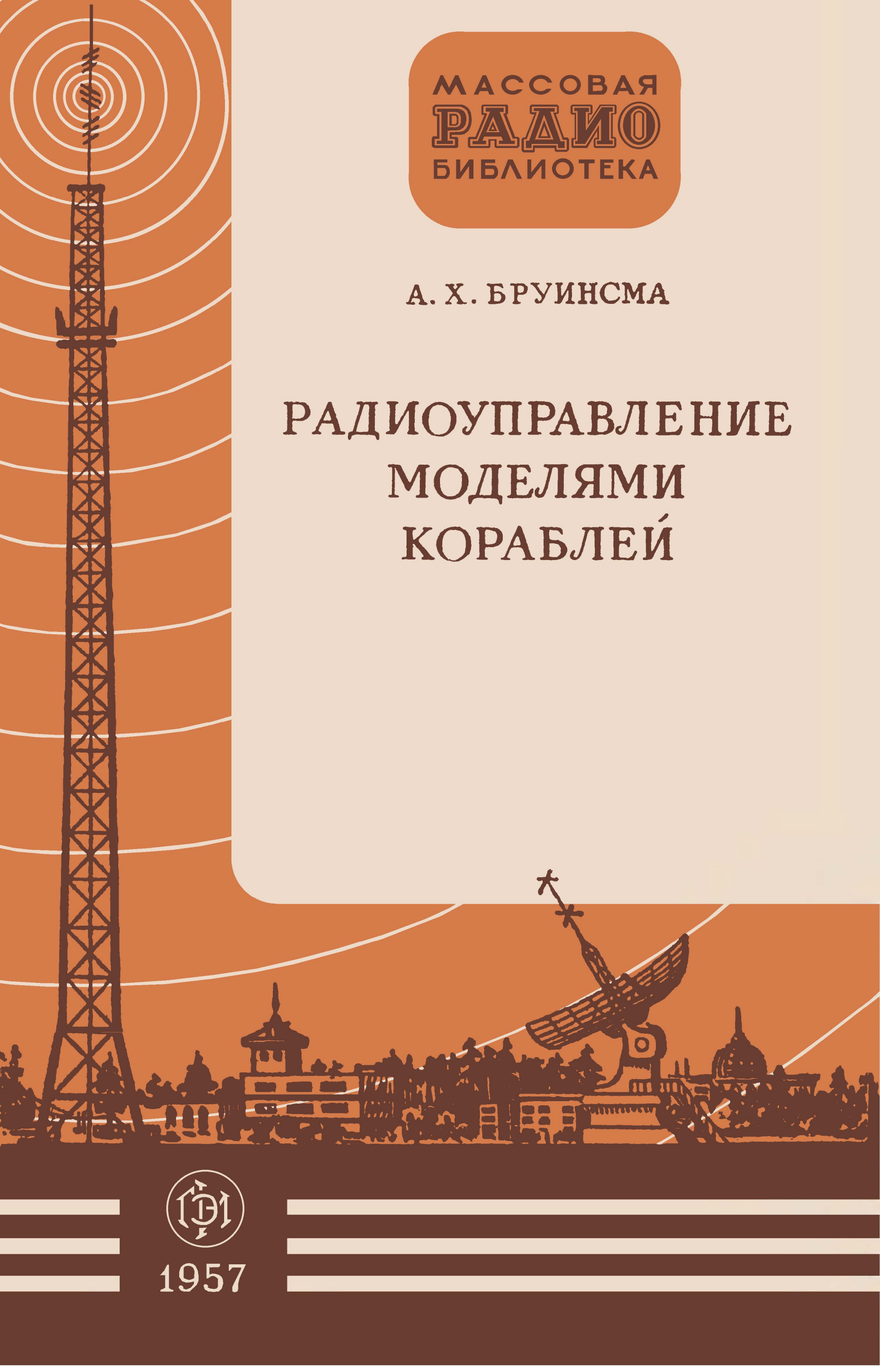


МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

А. Х. БРУИНСМА

РАДИОУПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ КОРАБЛЕЙ

ГЭИ

1957

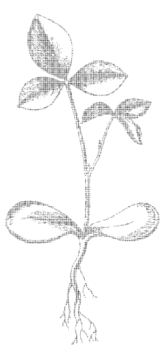
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 265

А. Х. БРУИНСМА

РАДИОУПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ КОРАБЛЕЙ

Перевод с английского
А. А. КОКУШКИНА





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1957 ЛЕНИНГРАД

В книге, являющейся переводом с английского, рассматриваются две системы радиотелеуправления моделями (двухканальная с амплитудной модуляцией и восьмиканальная с амплитудно-импульсной модуляцией) и приводятся их полные схемы. Дается также описание двух моделей кораблей, управляемых по радио при помощи этих систем.

Книга рассчитана на подготовленного радиолюбителя.

Автор *Бруинсма А. Х.*

РАДИОУПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ КОРАБЛЕЙ

* * *

Редактор *А. Г. Соболевский* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в пр-во 22/XI 1956 г. Подписано к печати 25/I 1957 г.
Бумага $84 \times 108^1/_{32}$ Печатн. л. 3,28— вкл. Уч-изд. л. 3,8.
Т-01635 Тираж 7 500 Цена 1 р. 50 к. Зак. №1616

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ПЕРЕВОДУ

Телеуправление механизмами и целыми машинами все шире входит в практику заводов, лабораторий, научно-исследовательских станций, применяется при самых различных испытаниях и исследованиях и т. д. На заводах, например, имеются автоматические поточные линии. Существуют заводы, управление которыми осуществляется с одного центрального пульта при помощи телемеханики. Примером сложного телемеханического устройства могут служить и современные автоматические телефонные станции. Управление работой электростанции, а в особенности атомной, полностью автоматизировано на основе телемеханики. Таких примеров можно привести много.

Уже давно внимание ученых и инженеров стала привлекать возможность телеуправления механизмами по радио, так как это связано с неограниченными перспективами самого широкого внедрения телеуправления как в промышленность и народное хозяйство, так и в практику различных научных исследований и экспериментов. Особенное развитие этот способ телеуправления получил после войны в связи с бурным развитием таких областей радиотехники, как радиолокация и импульсная техника, появлением электронных вычислительных машин и с развитием кибернетики. Сконструированы и построены, например, специальные радиоуправляемые стратосферные ракеты для исследования верхних слоев атмосферы, космических лучей, солнечной радиации и т. д. При помощи управляемых по радио самолетов проводятся исследования явлений, возникающих при больших скоростях пикирования, при штопоре и т. п., что ранее произвести было очень трудно. Сейчас имеются полностью автоматизированные и управляемые по радио с земли самолеты-снаряды, которые самостоятельно поднимаются с аэродрома, отыскивают в воздухе самолет противника и атакуют его. В труднодоступных и непригодных для жизни людей местах установлены автоматически действующие и

управляемые по радио метеостанции, помогающие метеорологам следить за состоянием атмосферы в этих местах.

Уже этот краткий перечень показывает, какие громадные возможности таятся в широком внедрении в жизнь радио телемеханики. Достаточно сказать, что даже межпланетные путешествия на первых порах мыслятся как радиоуправляемые. Поэтому вполне понятен интерес, проявляемый радиолюбителями, моделистами и просто людьми, интересующимися техникой, к этой увлекательной ее области. На ежегодных соревнованиях, проводимых Досааф, можно видеть радиоуправляемые модели самолетов, кораблей, автомобилей. Растет потребность и в литературе, освещающей принципы телеуправления по радио.

В связи с этим издательство решило предложить вниманию наших читателей настоящий перевод книги А. Х. Бруинсма, желая познакомить их с зарубежной литературой по этому вопросу. В книге рассматриваются две системы радиотелеуправления, которые были разработаны для демонстрационных целей и смонтированы на моделях кораблей. Первая система (двухканальная) с амплитудной модуляцией предназначена для небольших простых моделей. Вторая система имеет восемь независимых каналов управления и использует принцип амплитудно-импульсной модуляции. Аппаратура этой системы громоздка (приемник содержит 40 ламп), и поэтому она может быть применена для управления лишь крупными моделями.

В книге достаточно подробно рассматривается принцип действия обеих систем, и поэтому издательство надеется, что хотя книга и рассчитана на подготовленных радиолюбителей, она будет полезна и моделистам, занимающимся постройкой моделей, и поможет им в их творческой работе. Недостатком книги является довольно поверхностное описание устройства механизмов модели, что, однако, не снижает общей ценности ее для нашего читателя. При издании книги она была несколько переработана.

Отзывы и замечания, а также все пожелания по изданию подобной литературы следует направлять в адрес издательства:

Москва, Ж-114, Шлюзовая набережная, 10, Госэнергоиздат, редакция Массовой радиобиблиотеки.

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Полный обзор всех существующих систем телеуправления может составить ряд объемистых книг. Поэтому автор в настоящей брошюре ограничился лишь рассмотрением двух систем, которые были проверены на практике и получили хорошую оценку.

Первая система с двумя независимыми каналами управления работает по принципу амплитудной модуляции. Эта система при ограниченных возможностях может служить примером простого радиотелеуправления, хотя применяемая в ней аппаратура и не относится к наиболее облегченным и миниатюрным конструкциям, широко описываемым в периодической литературе для радиолюбителей.

Вторая система, работающая на основе современной импульсной техники, дает большие возможности, позволяя на одной несущей частоте одновременно передавать восемь различных сигналов телеуправления. Количество передаваемых сигналов может быть утроено или даже учетверено путем комбинирования с системой амплитудной модуляции. Для этой аппаратуры требуется очень много ламп. Применение современных комбинированных и миниатюрных ламп позволяет не только сократить размеры приемника, но и получить при этом экономию расходуемой на его питание мощности.

Для демонстрации упомянутых выше систем были изготовлены две радиотелеуправляемые модели кораблей, описанию которых и посвящена настоящая брошюра.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Принцип телемеханического управления по радио имеет почти такую же давность, как и радиовещание. Четверть века назад уже имелись суда, управляемые по радио, однако в силу различных причин, одной из которых была неэкономичность имевшихся тогда радиоламп, развитие радиотелеуправления шло медленно. Вторая мировая война дала мощный толчок развитию этой отрасли техники. С появлением управляемых по радио самолетов-снарядов, танков и торпедных катеров требования к аппаратуре телеуправления сильно повысились. За последние годы телемеханическое управление стало использоваться также и не для военных целей. Так, например, при конструировании самолетов новых типов вначале испытывают их радиотелеуправляемые образцы или модели.

Другой возможностью применения радиотелеуправления являются научные исследования ионосферы при помощи управляемых по радио ракет. Наконец, широкие перспективы открывает использование телемеханики для технических моделей и игрушек.

Исходя из упомянутых возможностей применения, аппаратура радиотелемеханического управления может быть грубо разделена на следующие три класса:

1. Простейшая аппаратура с одним каналом. Характеризуется минимальным количеством радиоламп и деталей. Последние в большинстве случаев специально конструируются в виде миниатюрных узлов или блоков, в которых минимальные размеры и вес сочетаются с максимальной чувствительностью.

Приемник телеуправляемого объекта обычно бывает сверхрегенеративным с одним каналом. Это означает, что в определенный момент может быть принят только один вид управляющего сигнала. Для большего числа управляющих сигналов используют механические импульсные устройства, подобные применяемым на автоматических телефонных стан-

циях. Это вызывает задержку во времени исполнения команды и усложняет работу оператора.

2. Аппаратура с несколькими каналами. Если к телеуправляемому объекту предъявляются требования повышенной маневренности, то возникает необходимость в выполнении команды без задержки во времени или в выполнении одновременно нескольких команд. Для этого система телеуправления должна иметь ряд отдельных, независимых друг от друга каналов приемо-передачи. Для управления второстепенными механизмами может быть использовано механическое импульсное устройство, что позволит через некоторые каналы передавать не одну, а несколько команд, хотя и не одновременно.

Для этого класса аппаратуры наиболее подходящей является система с амплитудной модуляцией.

3. Аппаратура с большим числом каналов. Чтобы можно было управлять самыми сложными объектами, телемеханические устройства должны позволять оператору одновременно управлять большим числом механизмов, т. е. аппаратура такого устройства должна иметь большое число независимых каналов управления. Амплитудная модуляция не позволяет использовать в устройстве более трех—пяти независимых каналов, так как при увеличении числа каналов трудно избежать их взаимных помех. Кроме того, понижается чувствительность системы. Поэтому аппаратура такого класса должна работать на основе импульсной техники.

Были разработаны две конструкции установок для радиотелеуправления: с амплитудной модуляцией с двумя независимыми каналами управления, соответствующая второму классу, и с импульсной модуляцией с восемью независимыми каналами управления, соответствующая третьему классу. В последней системе число каналов при комбинации с системой амплитудной модуляции могло быть по крайней мере удвоено. Однако эта возможность не была использована, так как имевшихся восьми каналов оказалось более чем достаточно.

Для испытания обе установки были смонтированы на моделях, в качестве которых по практическим соображениям были выбраны модели кораблей. Тем не менее схемы обеих установок достаточно универсальны и с небольшими изменениями могут быть приспособлены для использования на других моделях. Передатчики установок питаются от сети переменного тока, приемники же собраны на батарейных лампах.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ДВУХКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАДИОТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ С АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Принцип действия

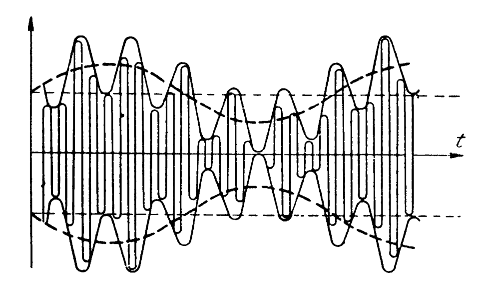
Для амплитудной модуляции высокочастотной несущей передатчика в описываемой системе радиотелеуправления используется низкочастотный сигнал синусоидальной формы, отдельные частоты которого служат в качестве независимых каналов для передачи сигналов управления. Эти частоты модулирующего сигнала должны достаточно далеко отстоять друг от друга, чтобы в приемнике их можно было легко разделить и избежать смешения с возникающими гармониками. Должна также приниматься в расчет возможность возникновения взаимной модуляции, вызываемой сложением или вычитанием частот.

При наличии в системе более четырех—пяти каналов избавиться от их взаимных помех уже нелегко. К тому же с увеличением числа каналов в системе происходит ослабление ее чувствительности. Как видно из фиг. 1, глубина модуляции каждого сигнала, являющаяся мерилом чувствительности, равна 50%. Поэтому, когда в многоканальной системе телеуправления при числе каналов n все частоты этих каналов модулируют высокочастотную несущую одновременно, то модуляция каждого канала составит только $100/n$%.

Частота модуляции первого канала описываемой установки равна 50 *гц*, а частота второго канала 2 000 *гц*. Выбор частоты в 50 *гц* для первого канала подсказан тем, что передатчик установки питается от сети переменного тока той же частоты.

Ограничение системы только двумя каналами было принято по тем соображениям, что для сохранения хороших навигационных качеств модели судна совершенно достаточно двух каналов. Однако это возможно только при особой

схеме одного из каналов, который в дальнейшем, в отличие от остальных каналов управления, будет называться каналом полунепрерывного действия.



Фиг. 1. Несущая, модулированная двумя низкочастотными сигналами, одинаковыми по напряжению, но различными по частоте. Хотя глубина модуляции несущей составляет 100%, глубина модуляции каждого из сигналов составляет только 50%.

Канал полунепрерывного действия

Предположим, что нам надо передать посредством системы радиотелеуправления следующие команды:

1. Включить освещение.
2. Включить электродвигатель гребного винта модели судна.
3. Переключить направление вращения электродвигателя гребного винта без его остановки.
4. Установить руль модели судна в нужное положение.

Для передачи первой и второй команды вполне достаточно самой простой аппаратуры: в передатчике какая-либо низкая частота модулирует высокочастотную несущую, а принятый на модели сигнал после детектирования заставляет срабатывать реле, которым включаются лампы освещения или электродвигатель.

В случае третьей команды происходит примерно то же самое, за исключением того, что реле при срабатывании должно переключить направление вращения электродвигателя.

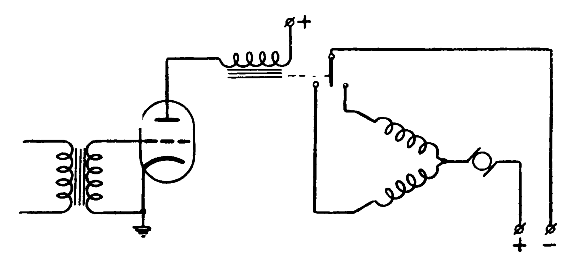
Более сложным является четвертый случай, так как вместо двух положений механизма управления, имевших место в предыдущих командах, возможны три положения:

а) изменение положения механизма в одном направлении;

б) изменение положения механизма в другом направлении;

в) остановка механизма в нужном положении.

Так как рулевым механизмом обычно управляет серводвигатель, то в общем случае для его управления требуется два канала. Через один из них будет происходить управление вращением в одном направлении, а через другой — в обратном направлении. В момент, когда оба канала выключаются, руль модели останавливается в нужном положении. Однако можно эти команды передать и через один канал, если использовать схемы управления, которые мы сейчас рассмотрим.



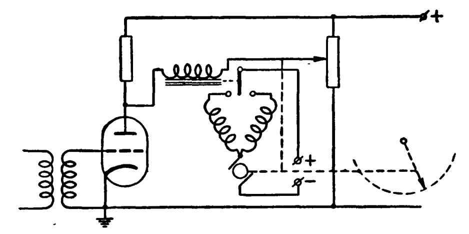
Фиг. 2. Схема использования двухполюсного реле для канала полунепрерывного действия.

На фиг. 2 приведена схема устройства, в котором используется двухполюсное реле. Лампа выполняет функции анодного детектора. При малой глубине модуляции сигнала якорь реле замыкает левый контакт и серводвигатель вращается, например, против часовой стрелки. При большем уровне сигнала левый контакт размыкается и якорь реле устанавливается в среднее положение; цепь питания серводвигателя при этом разрывается и вращение его прекращается. При еще большем уровне сигнала происходит замыкание правого контакта реле и серводвигатель начинает вращаться по часовой стрелке. Таким образом, путем регулирования глубины модуляции в передатчике руль модели может быть установлен в любое положение.

Задаваемые механизму положения могут передаваться непрерывно, однако положение, в котором находится механизм, может не соответствовать положению ручки управления на передатчике. Чтобы этого не случилось, ручка регулировки глубины модуляции передатчика при остановке механизма управления рулем модели должна находиться в среднем положении.

Канал, через который подобным способом осуществляется управление механизмом, называется каналом полунепрерывного действия. Применение такой схемы управления предъявляет к системе АРУ приемника очень жесткие требования, так как любое изменение уровня сигнала, которое может произойти, вызовет произвольное изменение положения управляемого механизма.

Дальнейшим развитием рассмотренной нами схемы является схема, приведенная на фиг. 3. На сетку лампы подается детектированный сигнал, уровень которого определяет величину проходящего через лампу анодного тока, а следовательно, и потенциал на ее аноде. Если этот потен-



Фиг. 3. Схема использования двухполюсного микрореле для канала полунепрерывного действия.

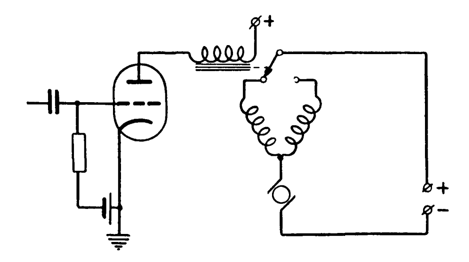
циал отличается от потенциала на движке потенциометра, то сработает микрореле. Реле (выполненное так же, как и двухполюсное реле) управляет серводвигателем, заставляя его вращаться в том же направлении, в каком должен перемещаться связанный с ротором серводвигателя движок потенциометра для положения равновесия мостовой схемы. Для каждой определенной интенсивности сигнала имеется определенное положение управляемого механизма (в данном случае руля модели), соответствующее положению ручки управления на передатчике.

При такой схеме управления тоже требуется канал полунепрерывного действия. При этом требования к АРУ приемника еще более возрастают. Кроме того, из практики известно, что микрореле очень капризная деталь.

Схема на фиг. 4 свободна от указанных выше недостатков. Лампа служит анодным детектором высокочастотного модулированного сигнала. Когда сигнала нет, серводвигатель вращается в одном направлении, а при появлении модулированного сигнала срабатывает обычное реле, переключающее направление вращения серводвигателя. При этом колебания уровня сигнала не опасны, если только он

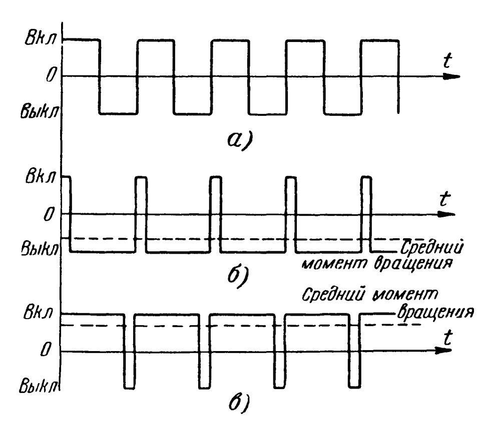
не падает ниже некоторого порогового значения срабатывания реле.

Команда для изменения направления вращения серводвигателя осуществляется простым включением в передатчике модуляции высокочастотной несущей. Если эти вклю-



Фиг. 4. Схема использования обычного реле для канала полунепрерывного действия.

чения и выключения производить через равные промежутки времени, как показано на фиг. 5,*а*, и с частотой 3—5 *гц*, то серводвигатель получит одинаковые по длительности импульсы напряжения вначале для одного, а затем для другого



Фиг. 5. Форма переключающих импульсов.

направления вращения и окажется неподвижным, так как средний момент вращения будет равным нулю. Если время, в течение которого серводвигатель находится включенным для вращения в одном направлении, укоротить, а время, в течение которого он включен для вращения в другом

направлении, удлинить (фиг. 5,*б*), то момент вращения в этом направлении окажется бо́льшим и серводвигатель начнет вращаться в соответствии с разностью моментов вращения. Таким путем может быть получено любое направление вращения и любая возможная величина вращающего момента серводвигателя.

Для рассмотренной схемы управления (фиг. 4) характерны два крупных недостатка:

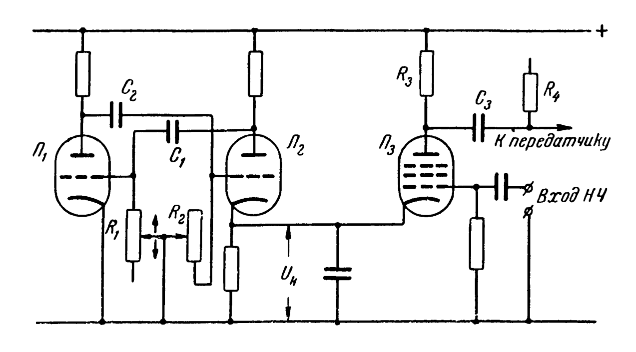
1. Через обмотки электродвигателя непрерывно течет ток, даже когда электродвигатель не вращается.

2. Искрение между контактами вследствие частых переключений обмоток электродвигателя.

Так как от искрения полностью избавиться очень трудно (шунтированием контактов последовательно включенными конденсаторами и сопротивлениями), то в миниатюрных реле и электродвигателях целесообразно применять контакты большого размера.

От искрения можно избавиться и таким способом: в крайних положениях переключающего устройства (максимальные вращающие моменты) возможны столь короткие по длительности импульсы (фиг. 5,*б* и *в*), что реле окажется слишком инертным и не будет срабатывать. Такие переключения без искрения могут иметь место у электродвигателей гребных винтов при переходе их на режим полного хода вперед или назад.

Для получения таких переключающих импульсов в передатчике обычно используется схема мультивибратора (фиг. 6), которая работает следующим образом.



Фиг. 6. Схема мультивибратора канала полунепрерывного действия.

Когда лампа $Л_1$ заперта, а лампа $Л_2$ отперта, напряжение на ее катоде $U_к$ положительно, а когда лампа $Л_2$ заперта, — равно нулю. Время, на протяжении которого напряжение $U_к$ остается положительным, определяется постоянной времени R_1C_1, а время, в течение которого $U_к$ равно нулю, — постоянной времени R_2C_2. Так как емкости конденсаторов C_1 и C_2 равны, периоды времени определяются величинами сопротивлений потенциометров R_1 и R_2, смонтированных на одной оси. При вращении ручки этих потенциометров изменение величин их сопротивлений происходит обратно пропорционально, и это позволяет получить на катоде лампы $Л_2$ напряжения, соответствующие по форме изображенным на фиг. 5.

В течение периода, пока напряжение $U_к$ положительно, лампа $Л_3$ заперта и низкочастотный модулирующий сигнал на передатчик не поступает, тогда как при $U_к = 0$ лампа $Л_3$ отпирается и пропускает к передатчику модулирующий сигнал. Сопротивление в цепи катода лампы $Л_2$ шунтировано конденсатором для ослабления крутизны нарастания и спада прямоугольных импульсов и предотвращения их попадания в модулятор. Постоянная времени $R_3C_3R_4$ относительно мала с тем, чтобы прямоугольное напряжение не искажалось.

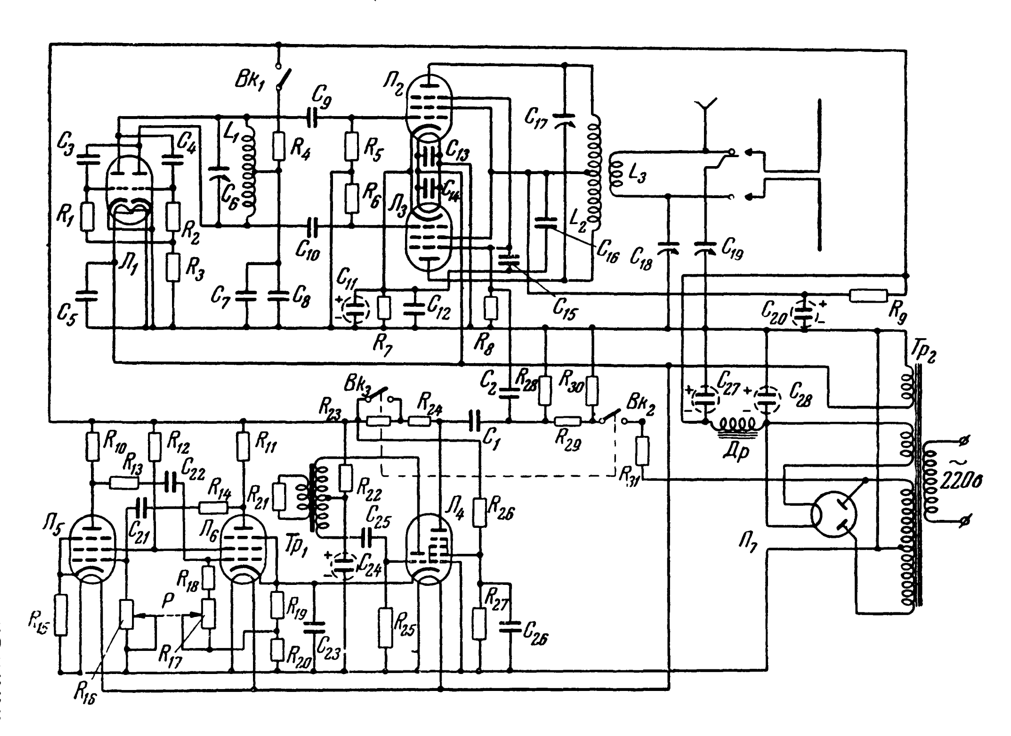
Двухканальный передатчик с амплитудной модуляцией и одним каналом полунепрерывного действия

Полная схема передатчика приведена на фиг. 7. Задающий генератор на двойном триоде $Л_1$ вырабатывает синусоидальные колебания с рабочей частотой в 100 *Мгц*. Схема генератора позволяет получить достаточную стабильность частоты и не нуждается в кварце, наличие которого неизбежно повлекло бы за собой применение схем умножения частоты. Выбор рабочей частоты в 100 *Мгц* продиктован желанием максимально сократить размеры приемной антенны.

Высокочастотные колебания от задающего генератора поступают на управляющие сетки ламп $Л_2$ и $Л_3$ оконечного усилителя, работающего по двухтактной схеме. Связь оконечного каскада с антенной — индуктивная. В качестве антенны можно использовать штырь длиной в четверть волны, установленный непосредственно на передатчике, или четвертьволновый диполь, питаемый через фидер. Мощность передатчика в антенне составляет 1 *вт*.

Фиг. 7. Полная схема двухканального передатчика с амплитудной модуляцией.

$Л_1$—ECC 40; $Л_2$ и $Л_3$—EF42; $Л_4$—ECH41; $Л_5$ и $Л_6$—EF42; $Л_7$—AZ41; L_1—3 витка диаметром 8 *мм*; L_2 — 3 витка диаметром 13 *мм*; L_3—1 виток диаметром 13 *мм*; *Др*—5 *гн*, 450 *ом*, 60 *ма*; $Тр_1$ — выходной трансформатор для динамического громкоговорителя, 61/1; $Тр_2$—силовой трансформатор с обмотками на 2×250 *в* и 60 *ма*, 6 *в* и 2,2 *а* и 4 *в* и 0,75 *а*; R_1 и R_2 — 33 *ком*; R_3 — 820 *ом*; R_4 — 5,6 *ком*; R_5 и R_6 — 120 *ком*; R_7 — 120 *ом*; R_8 — 560 *ком*; R_9 — 1 *ком*; R_{10} — 18 *ком*; R_{11} — 18 *ком*; R_{12} — 22 *ком*; R_{13} и R_{14} — 27 *ком*; R_{15} — 120 *ом*; R_{16} и R_{17} — 1 *Мом*; R_{18} — 2,2 *ком*; R_{19} — 100 *ом*; R_{20} — 1,2 *ком*; R_{21} — 0,5 *ом*; R_{22} — 68 *ком*; R_{23} — 33 *ком*; R_{24} — 27 *ком*; R_{25} — 8,2 *ком*; R_{26} — 33 *ком*; R_{27} — 47 *ком*; R_{28} — 33 *ком*; R_{29} — 220 *ком*; R_{30} — 470 *ком*; R_{31}—270 *ком*; C_1 — 560 *пф*; C_2 — 0,1 *мкф*; C_3 и C_4 — 56 *пф*; C_5 — 560 *пф*; C_6 — 30 *пф*; C_7 — 4 500 *пф*; C_8 —0,22 *мкф*; C_9 и C_{10} — 220 *пф*; C_{11} — 100 *мкф*; C_{12} — 560 *пф*; C_{13} и C_{14}—560 *пф*; C_{15} —C_{17}—56 *пф*; C_{18} и C_{19}—30 *пф*; C_{29}—32 *мкф*; C_{21} и C_{23}—0,1 *мкф*; C_{24}—32 *мкф*; C_{25}— 4 500 *пф*; C_{26} — 0,1 *мкф*; C_{27} и C_{28} — 32 *мкф*.



Модулирующее низкочастотное напряжение подается на защитные сетки ламп оконечного каскада передатчика, что позволяет легко получить 100%-ную глубину модуляции. Происходящие при этом небольшие искажения формы сигнала в расчет не принимаются. Выключатель $Вк_1$ предназначен для выключения высокочастотной несущей.

В качестве модуляторной лампы, выполняющей функции генератора низкой частоты и электронного переключателя, используется триод-гексод $Л_4$. Триодная часть лампы вырабатывает напряжение, частота которого (около 2 000 *гц*) зависит от индуктивности и паразитной емкости трансформатора $Тр_1$, в качестве которого взят обычный выходной трансформатор с шунтированной сопротивлением R_{21} вторичной обмоткой.

Полученное напряжение низкой частоты подается на третью сетку гексодной части лампы. Первая сетка этой лампы соединена с землей, а катод — с катодом лампы $Л_6$, работающей вместе с лампой $Л_5$ в схеме мультивибратора. Время, в течение которого катод лампы $Л_4$ находится под положительным или нулевым потенциалом, регулируется потенциометром $Р$. Когда катод лампы положителен, то лампа заперта и модуляции высокочастотной несущей не происходит. Модулирующий сигнал проходит к защитным сеткам ламп оконечного каскада передатчика только тогда, когда катод лампы $Л_4$ находится под нулевым потенциалом и лампа отперта.

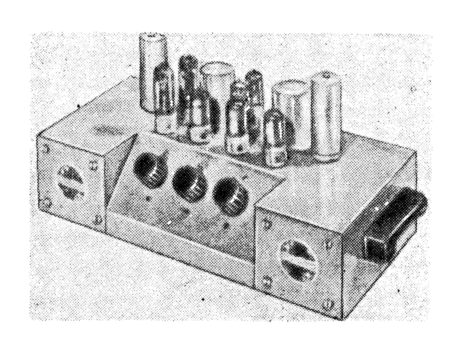
Модулирующий сигнал в 50 *гц* второго канала берется прямо от обмотки силового трансформатора $Тр_2$ и через конденсатор C_2 и выключатель $Вк_2$ подается на защитные сетки ламп оконечного каскада передатчика.

Конденсатор C_1 должен быть малой емкости. Он предназначен для пропускания только напряжения с частотой 2 000 *гц* и должен препятствовать попаданию на анод лампы $Л_4$ напряжения с частотой 50 *гц*. При помощи этого конденсатора должен быть блокирован импульс мультивибратора.

Величина напряжения с частотой 50 *гц* выбрана такой, чтобы глубина модуляции несущей составила 50%. Сопротивление в аноде лампы $Л_4$ подобрано так, чтобы глубина модуляции на частоте 2 000 *гц* тоже была 50%. Когда выключателем $Вк_2$ модуляция несущей частотой 50 *гц* выключается, то одновременно выключателем $Вк_3$, находящимся на одной оси с выключателем $Вк_2$, производится переключение глубины модуляции частотой 2 000 *гц* с 50 на 100%. Это

необходимо для нормальной работы приемника системы радиотелеуправления, о чем будет сказано ниже.

На фиг. 8 приведена фотография общего вида шасси передатчика с тремя ручками регулировок. Первая ручка (слева) — выключатель $Вк_1$, которым выключается несущая передатчика (снимается анодное напряжение с задающего генератора). Этим выключателем останавливается электродвигатель гребного винта модели.



Фиг. 8. Общий вид шасси двухканального передатчика с амплитудной модуляцией.

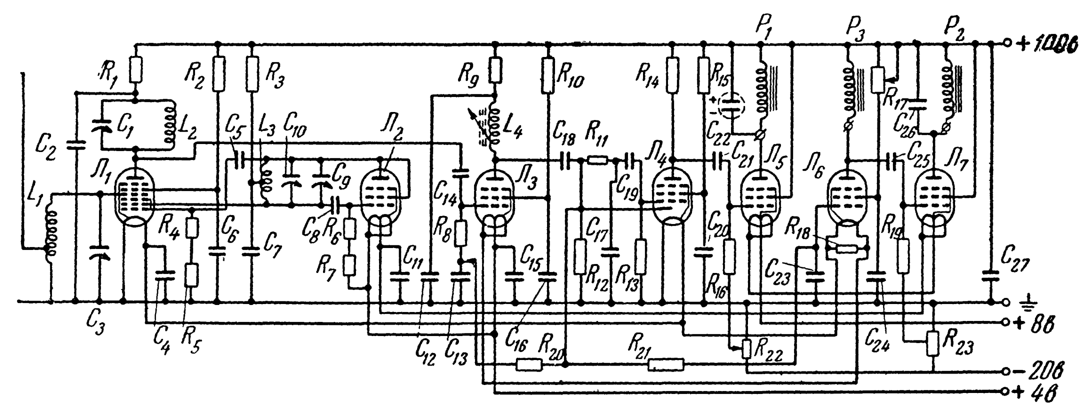
Второй ручкой — потенциометром *Р* канала полунепрерывного действия производится управление рулем модели.

Третья ручка — выключатель $Вк_2$ второго канала (50 *гц*). Им подается команда для изменения направления вращения электродвигателя гребного винта модели.

Приемник двухканальной системы с амплитудной модуляцией

Приемник телеуправляемой модели судна собран по супергетеродинной схеме (фиг. 9). Антенной служит четвертьволновый штырь, непосредственно связанный с настраиваемым входным контуром.

В качестве смесительной лампы выбран октод $Л_1$. Отдельный гетеродин (частота 107 *Мгц*) выполнен на пентоде $Л_2$, включенном триодом и имеющим при этом крутизну 2,5 *ма/в* и анодный ток 6 *ма*. Он обеспечивает очень устойчивую генерацию и вполне удовлетворительную стабильность частоты. При хорошем качестве монтажа излучение гетеродина можно настолько уменьшить, что отпадает



Фиг. 9. Полная схема приемника двухканальной системы с амплитудной модуляцией.

$Л_1$—DK40; $Л_2$ и $Л_3$—DL41; $Л_4$—DAF91; $Л_5$—DL92; $Л_6$—DF91, $Л_7$—DL92; L_1—5+1 виток диаметром 7 *мм*; L_2 и L_4 — 49 витков диаметром 7 *мм*; L_3 — 3 витка диаметром 8 *мм*; P_1 и P_2 — реле одноконтактные, сопротивление обмоток 14 *ком*, ток 3 *ма*; P_3— реле двухконтактное, сопротивление обмотки 14 *ком*, ток 3 *ма*; R_1 — 12 *ком*; R_2 — 68 *ком*; R_3 — 6,8 *ком*; R_4 — 47 *ком*; R_5 — 1,2 *ком*; R_6 — 47 *ком*; R_7 — 1,2 *ком*; R_8 — 180 *ком*; R_9 — 1,2 *ком*; R_{10} — 2,2 *ком*; R_{11} — 82 *ком*; R_{12} — 1,2 *Мом*; R_{13}—1,5 *Мом*; R_{14} — 120 *ком*; R_{15} — 330 *ком*; R_{16} — 1,2 *Мом*; R_{17} — 100 *ком*; R_{18} — 27 *ом*; и R_{19} и R_{20}—1,2 *Мом*; R_{21} — 68 *ком*; R_{22} и R_{23} — 5 *Мом*; C_1 — 30 *пф*; C_2—0,01 *мкф*; C_3—30 *пф*; C_4 — 560 *пф*; C_5 — 56 *пф*; C_6 — 560 *пф*; C_7 и C_8 — 56 *пф*; C_9 — 30 *пф*; C_{10} — 5 *пф*; C_{11} — 560 *пф*; C_{12} — 5 600 *пф*; C_{13} — 0,047 *мкф*; C_{14}—56 *пф*; C_{15} — 560 *пф*; C_{16}—5 600 *пф*; C_{17} — 56 *пф*; C_{18} — 6 800 *пф*; C_{19}—1 200 *пф*; C_{20} — 0,1 *мкф*; C_{21} — 0,01 *мкф*; C_{22}—25 *мкф*; C_{23} — 56 *пф*; C_{24} — 0,027 *мкф*; C_{25} — 120 *пф*; C_{26} — 0,5 *мкф*; C_{27} — 0,1 *мкф*

необходимость в каскаде усиления по высокой частоте (который, будучи собран на батарейной лампе с малой крутизной характеристики, на данных высоких частотах, вероятно, только ослабил бы принимаемый сигнал).

Промежуточная частота приемника (лампы $Л_2$ и $Л_3$) около 7 *Мгц*. Для получения достаточного усиления на этой частоте необходимы лампы с возможно более высокой крутизной. Первый контур промежуточной частоты с катушкой L_2 настраивается подстроечным конденсатором C_1, а второй контур с катушкой L_4 — ферритовым сердечником.

После усиления по промежуточной частоте сигнал детектируется диодом лампы $Л_4$. На управляющую сетку пентодной части этой лампы, которая работает как усилитель на сопротивлениях, через *RC*-фильтр, задерживающий сигнал в 2 000 *гц*, проходит сигнал с частотой 50 *гц*.

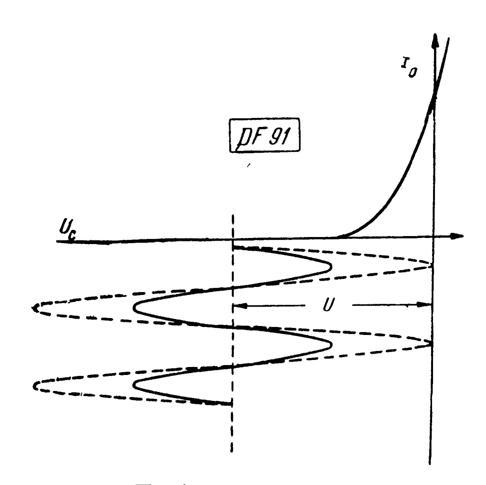
Далее усиленный сигнал с частотой 50 *гц* подается на управляющую сетку лампы $Л_5$, работающей при большом отрицательном смещении на сетке, регулируемом потенциометром R_{22}. При помощи этого потенциометра анодный ток лампы $Л_5$ устанавливается такой величины, чтобы разомкнулось реле P_1. При подаче на сетку лампы сигнала с частотой 50 *гц* отрицательное напряжение на ее сетке уменьшается, анодный ток увеличивается и реле P_1 замыкается, переключая обмотки электродвигателя гребного винта на «задний ход».

Постоянная составляющая с нагрузки детектора подается на управляющую сетку лампы $Л_6$ через фильтр *RC*, служащий для предотвращения попадания на сетку этой лампы сигнала с частотой 50 *гц*. В анодной цепи лампы $Л_6$ находится реле P_3, замкнутое в отсутствие несущей передатчика, так как при этом лампа не получает отрицательного смещения и анодный ток ее максимален. Замыкаясь, это реле обесточивает электродвигатели модели.

Лампа $Л_6$ служит, кроме того, для дальнейшего усиления сигнала с частотой 2 000 *гц*. Усиленный сигнал через небольшой конденсатор C_{25} (который вместе с сопротивлением R_{19} образует полосовой фильтр для полного подавления сигнала с частотой 50 *гц*) подается на управляющую сетку оконечной лампы $Л_7$. Схема этого каскада ничем не отличается от каскада на лампе $Л_5$, за исключением того, что блокирующий реле P_2 конденсатор имеет значительно меньшую емкость.

Хотя величина детектированного сигнала в определенных пределах поддерживается почти постоянной (благодаря дей-

ствию АРУ), лампа $Л_6$ каскада усиления на частоте 2 000 *гц* при очень сильных сигналах может оказаться запертой настолько, что если глубина модуляции сигнала не будет достигать 100%, то усиления не произойдет (фиг. 10). Поэтому должна быть предусмотрена возможность 100%-ной модуляции несущей передатчика частотой 2 000 *гц*, для чего в передатчике системы имеется специальный переключатель $Вк_3$.



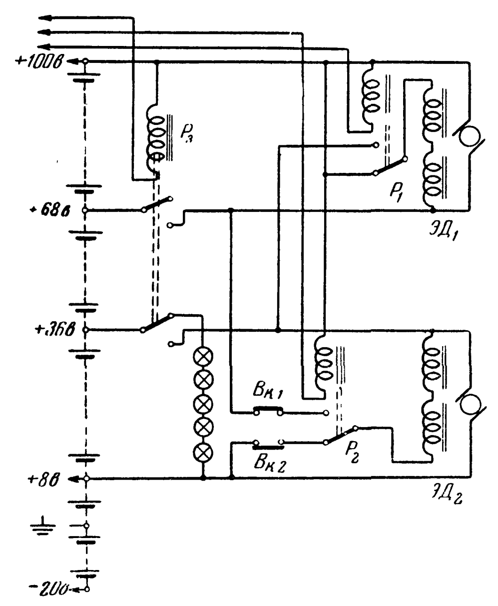
Фиг. 10. При очень сильном сигнале напряжение постоянной составляющей *U* высокочастотной несущей запрет лампу и через нее сможет пройти только сигнал с глубиной модуляции 100% (пунктирная кривая).

Источники питания и схема включения электродвигателей модели судна

Для цепей накала ламп приемника необходимо напряжение 8 *в* при токе 0,1 *а*, а для анодных цепей — напряжение 100 *в* при токе 25 *ма*. Общая мощность, потребляемая приемником, составляет 3,3 *вт*.

В качестве источников питания были выбраны четырехвольтовые сухие батареи карманного фонаря. При отбираемом токе в 100 *ма* они обеспечивают 4-часовую бесперебойную работу аппаратуры. Для накала ламп достаточно взять 2, для питания анодов 23 и для смещения на сетки ламп 5 таких батарей.

При анодном токе приемника в 25 *ма* до нормальной нагрузки батареи остается еще 75 *ма*, что вполне достаточно для питания двух электродвигателей от электробритвы фирмы «Филипс». Хотя эти электродвигатели имеют после-



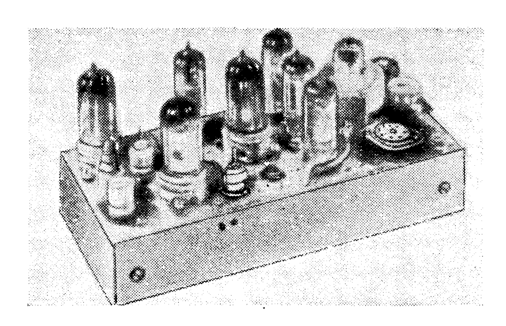
Фиг. 11. Схема включения электродвигателей и реле.

$ЭД_1$ — электродвигатель гребного винта; $ЭД_2$— серводвигатель управления рулем; $Р_1$ — реле, срабатывающее при модуляции частотой 50 *гц*; $Р_2$ — реле, срабатывающее при модуляции частотой 2 000 *гц*; $Р_3$ — реле, срабатывающее в отсутствие несущей и выключающее электродвигатели (на схеме показано положение реле при выключении несущей); $Вк_1$ и $Вк_2$ — концевые выключатели серводвигателя рулевого управления в его крайних положениях.

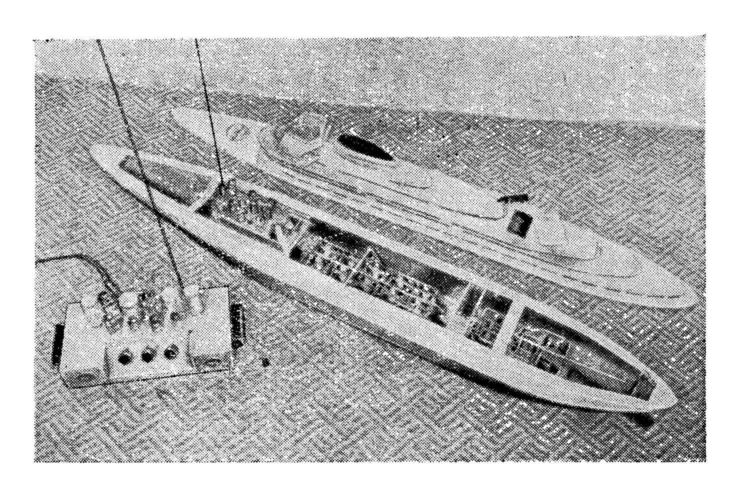
довательное возбуждение с двумя отдельными обмотками и предназначены для питания от 110 *в* постоянного или переменного тока, они вполне удовлетворительно работают от напряжения в 60 *в* при пусковом токе 75 *ма*. С соединенными параллельно обмотками эти электродвигатели могут работать от 30 *в* при пусковом токе в 130 *ма*, который затем падает от $^1/_2$ до $^3/_4$ первоначальной величины.

Схема включения реле и электродвигателей приведена на фиг. 11. Направление вращения электродвигателей зави-

сит от положения перекидных контактов рулевого реле и реле гребного винта, которые соединяют обмотки электродвигателей либо последовательно, либо параллельно. Третье реле имеет двойной перекидной контакт и управляется не-



Фиг. 12. Общий вид шасси приемника двухканальной системы с амплитудной модуляцией.



Фиг. 13. Внутренний вид радиотелеуправляемой модели судна с аппаратурой двухканальной системы с амплитудной модуляцией.

сущей передатчика. В отсутствие несущей реле замыкается, электродвигатели обесточиваются и на модели загораются специальные индикаторные лампочки.

На фиг. 12 дана фотография шасси приемника. Переход-

ная колодка, расположенная справа, служит для разъема проводов, идущих к блоку питания и реле.

На фиг. 13 показано внутреннее устройство модели судна. Слева видно шасси приемника со штыревой антенной, в центре (на дне) — легко заменяемый блок батарей, а справа — «машинное отделение» судна с тремя реле и двумя электродвигателями.

Длина модели судна равна 1,45 *м*, а ее вес 12 *кг*.

Приемник, два электродвигателя и три реле вместе весят не более 1,7 *кг*, тогда как вес блока батарей составляет 4 *кг*, из чего следует, что применение источника питания меньшей емкости, а следовательно, и веса позволит значительно сократить размеры модели, тем более, что размеры самого приемника составляют всего 85 × 190 *мм*.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ВОСЬМИКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАДИОТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ С ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

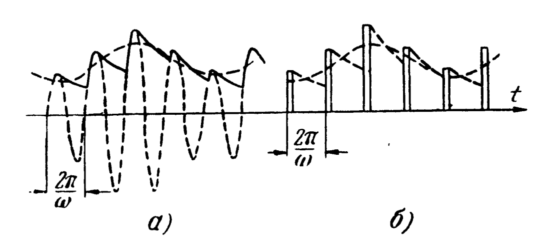
Импульсная модуляция

Передача команд при помощи импульсной модуляции основана на получении высокочастотной несущей в виде отдельных импульсов и модуляции этих импульсов, которая может осуществляться путем изменения ширины импульсов (широтно-импульсная модуляция), их высоты (амплитудно-импульсная модуляция) или момента времени (фазово-импульсная модуляция), в которой возникает импульс, по отношению к моменту возникновения синхронизирующего импульса.

Аппаратура импульсных схем телеуправления содержит большое число ламп, поэтому в приемнике модели целесообразно применять экономичные батарейные лампы. Именно они и дали возможность построить восьмиканальный приемник для системы с импульсной модуляцией, у которого потребление мощности на питание накала ламп не превосходит 2,8 *вт*, несмотря на то, что в схеме приемника работает 40 ламп. Однако батарейные лампы обладают сравнительно малой крутизной характеристики, и это заставляет для радиотелеуправления моделями выбрать амплитудно-импульсную модуляцию.

Связь между амплитудной и амплитудно-импульсной модуляцией

Для передачи низкочастотного сигнала при помощи высокочастотной несущей передатчика нет необходимости передавать этот сигнал все время, т. е. без какого-либо перерыва. Действительно, когда амплитудно-модулированный высокочастотный сигнал детектируется каким-либс идеальным диодом, то форма изменения напряжения на со противлении нагрузки диода соответствует приведенной на фиг. 14,*а*.



Фиг. 14. Связь между амплитудной и амплитудно-импульсной модуляцией.

а — детектирование амплитудно-модулированного сигнала диодом; *б* — практически тот же результат, получается при замене непрерывной несущей короткими импульсами с частотой повторения 2π/ω.

Как видно из чертежа, это напряжение содержит пульсацию с частотой высокочастотной несущей передатчика. Характер линий, сбегающих под углом вниз, определяется постоянной времени емкости и сопротивления диода. Для получения максимального коэффициента усиления детектора эта постоянная времени должна быть большой по сравнению с длительностью периода несущей и в то же время малой по сравнению с длительностью периода модулирующего сигнала низкой частоты. Этими условиями регламентируется соотношение между частотой несущей и максимальной частотой модуляции.

Для передачи полосы частот 0—5 000 *гц*, что вполне достаточно для телефонии и телеуправления, частота несущей передатчика может не превышать 10 *кгц*. Хотя такое соотношение кажется очень небольшим, следует помнить, что для низких частот оно достаточно велико и не вызывает каких-либо осложнений в выборе постоянной времени детектора, а возникающие на высоких частотах искажения могут быть значительно ослаблены путем отсечки высших

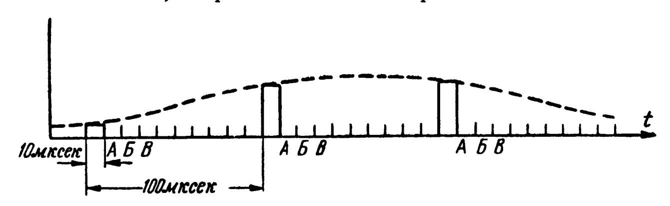
гармоник тем же самым фильтром, который предназначен для подавления несущей в 10 *кгц*. Хотя коэффициент усиления детектора на высоких частотах будет при этом меньше, чем на низких, это может быть компенсировано соответствующей корректировкой низкочастотного тракта приемника.

Из фиг. 14,*а* видно, что для образования кривой модулирующего сигнала достаточно только части каждого периода высокочастотной несущей. Поэтому даже при амплитудной модуляции низкочастотный сигнал передается не непрерывно, а как бы отдельными импульсами. На фиг. 14,*б* видно, что практически тот же результат получается, если непрерывную несущую заменить рядом коротких положительных импульсов с промежутками между ними $2\pi/\omega$, где ω — угловая частота высокочастотной несущей.

В действительности эти импульсы представляют собой несколько колебаний высокочастотной несущей передатчика, частота которой, как и в системе с амплитудной модуляцией, осталась 100 *Мгц*.

Передача сигналов управления по нескольким каналам на одной несущей

Из предыдущего видно, что для передачи полосы частот от 0 до 5 000 *гц* достаточна частота повторения несущих импульсов 10 *кгц*. Принципиально при использовании мето-

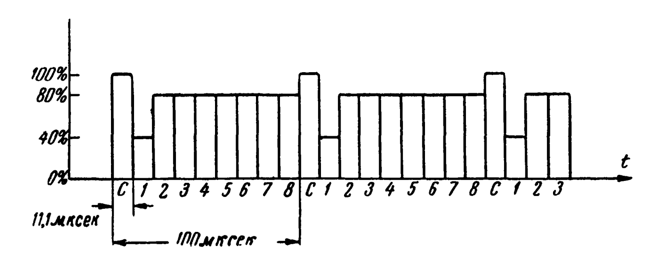


Фиг. 15. Форма несущей передатчика при амплитудно-импульсной модуляции.

да амплитудно-импульсной модуляции ширина импульсов может быть очень малой. Однако, чтобы не усложнять приемник, желательно ограничиться шириной импульса минимум в 10 *мксек*, и тогда для одного канала несущая примет вид, приведенный на фиг. 15. Высота импульсов изменяется с частотой модуляции.

Из фиг. 15 видно, что в промежутке между двумя импульсами есть место и для других импульсов, например

пространство в интервале *А*. Новые импульсы, следовательно, должны иметь одинаковую с первыми частоту повторения, а их высота будет изменяться в соответствии с частотой второго низкочастотного сигнала. Таким образом, на той же несущей появился второй канал передачи. Так же могут быть размещены третий канал в интервалах *Б*, четвертый в интервалах *В* и т. д., всего десять каналов, учитывая выбранную ширину импульсов и частоту их повторения.



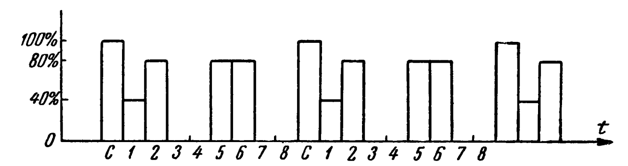
Фиг. 16. Форма несущей передатчика восьмиканальной системы с амплитудно-импульсной модуляцией.

С — синхронизирующие импульсы; *1÷8* — импульсы независимых каналов.

Для того чтобы можно было осуществить в передатчике модуляцию определенной и нужной в данный момент серии импульсов (определенного канала передачи), а в приемнике выделить этот канал, повторение серий импульсов и порядок их следования друг за другом должны быть строго определенными, а передатчик и приемник синхронизированы между собой. Последнее осуществляется при помощи синхронизирующих импульсов, которые по ширине соответствуют импульсам каналов, но по амплитуде превышают максимальные амплитуды канальных импульсов.

На фиг. 16 изображена форма несущей с синхронизирующими импульсами и восемью каналами. Все импульсы одной ширины — 11,1 *мксек*. Импульс синхронизации *С* имеет амплитуду в 100%, тогда как амплитуда импульсов с *1* по *8* может изменяться от 0 до 80%. Первый канал используется для передачи звуковой частоты (речь, музыка), поэтому средняя высота импульса этого канала 40%. Другие каналы — только переключающие, с высотами импульсов от 0 до 80%. При нулевой амплитуде импульса механизм модели, который управляется этим каналом, включен, а при максимальной амплитуде выключен.

На фиг. 16 все каналы изображены в положении «Выключено». На фиг. 17 каналы *2*, *5* и *6* показаны в положении «Выключено», а каналы *3*, *4*, *7* и *8* в положении «Включено».



Фиг. 17. Другая форма несущей передатчика восьмиканальной системы с амплитудно-импульсной модуляцией.

С — синхронизирующие импульсы. *1* — звуковой канал со средней амплитудой импульсов 40%. Каналы *2*, *5* и *6* — в положении «выключено». Каналы *3*, *4*, *7* и *8* — в положении «включено».

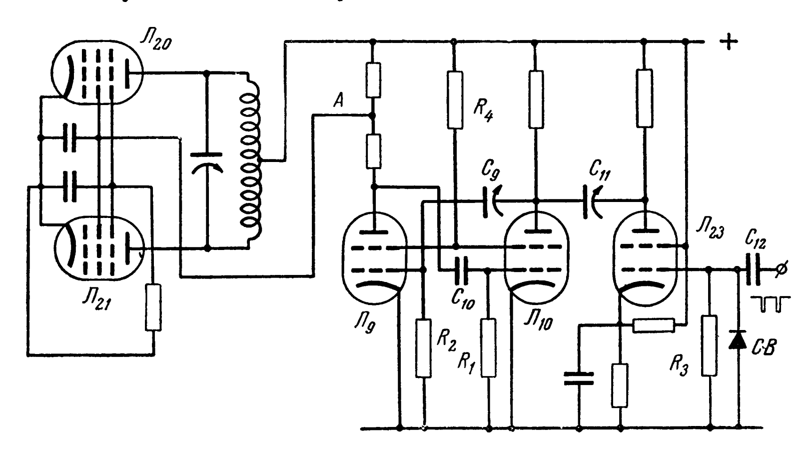
Переключающие каналы могут быть использованы и в качестве каналов полунепрерывного действия. В этом случае переключение канала (0—80% амплитуды) в определенном временном соотношении выполняется мультивибратором. В описываемой системе каналами полунепрерывного действия служат каналы *2*, *3* и *4*, а остальные четыре канала являются просто переключающими.

Генератор синхронизирующих импульсов

Синхронизирующие импульсы вырабатываются несимметричным мультивибратором, схема которого приведена на фиг. 18, где $Л_9$ и $Л_{10}$ — лампы мультивибратора. Форма вырабатываемого мультивибратором напряжения (в точке A) показана на фиг. 19. Ширина импульсов ($t_2 - t_1$) определяется величиной постоянной времени R_2C_9 и при помощи подстроечного конденсатора C_9 устанавливается в 11,1 *мксек.* Постоянная времени $C_{10}R_1$ выбрана такой, чтобы интервал между импульсами был значительно больше суммы длительности всех восьми канальных импульсов плюс 11,1 *мксек.* Импульсы с мультивибратора (точка A) подаются на экранирующие сетки оконечных ламп передатчика $Л_{20}$ и $Л_{21}$, работающих в двухтактной схеме. Поэтому несущая передатчика имеет ту же прямоугольную форму, что и импульсы мультивибратора.

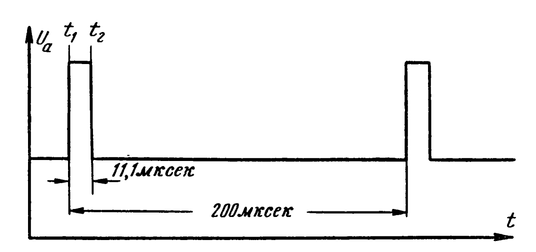
Схема действует следующим образом. Прямоугольный отрицательный импульс последнего, восьмого, канала поступает на конденсатор C_{12}, который благодаря селеновому вентилю *СВ* быстро заряжается, и на управляющей сетке

лампы $Л_{23}$ появляется положительный импульс. Так как катод лампы $Л_{23}$ присоединен через потенциометр прямо к «плюсу» анодного напряжения, то эта лампа в исходном



Фиг. 18. Схема синхронизирующего генератора.

положении заперта и отпирается только на время присутствия на ее управляющей сетке положительного импульса. Напряжение на аноде лампы $Л_{23}$ уменьшается, и на управляющую сетку лампы $Л_9$ через конденсаторы C_{11} и C_9 по-

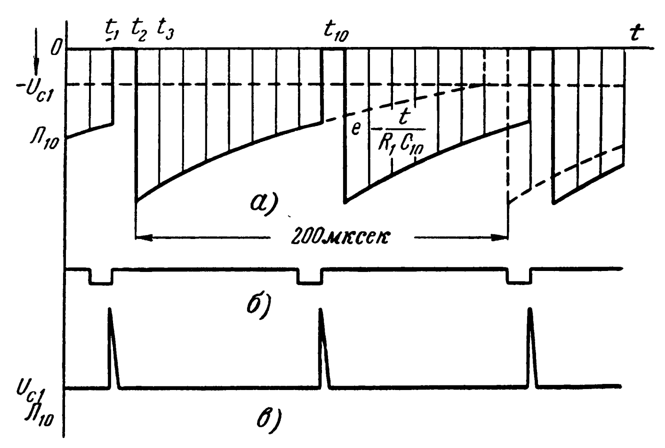


Фиг. 19. Форма импульсов на выходе синхронизирующего генератора.

ступает отрицательный импульс, вызывающий увеличение напряжения на ее аноде. Конденсатор C_{10} начинает быстро подзаряжаться, и на управляющую сетку лампы $Л_{10}$ поступает короткий положительный импульс, запускающий мультивибратор.

На фиг. 20 показаны происходящие изменения напряжения на управляющей сетке лампы $Л_{10}$. После прекращения

генерирования мультивибратором синхронизирующего импульса напряжение на управляющей сетке этой лампы падает значительно ниже уровня ее запирания, а затем постепенно вновь возрастает в результате уменьшения разрядного тока конденсатора C_{10}, причем скорость этого возрастания определяется постоянной времени R_1C_{10}. В момент, когда напряжение на управляющей сетке лампы $Л_{10}$ достигнет уровня отпирания, лампа отопрется и мультивибратор запустится (пунктир на фиг. 20,*а*).



Фиг. 20. Формы изменения напряжения на электродах лампы $Л_{10}$.

а — изменение напряжения на управляющей сетке лампы (пунктирной кривой показано изменение напряжения в отсутствие запускающих импульсов); *б* — прямоугольный импульс восьмого канала; *в* — игольчатый положительный импульс на управляющей сетке лампы, запускающий мультивибратор.

На фиг. 20,*б* виден импульс восьмого канала, поступающий на сетку лампы $Л_{23}$, а на фиг. 20,*в* — узкий «игольчатый» положительный импульс на сетке лампы $Л_{10}$. Это положительное напряжение настолько велико, что мгновенно повышает напряжение на управляющей сетке лампы $Л_{10}$ сверх уровня запирания и тем самым немедленно запускает схему мультивибратора, как показано на фиг. 20,*а* сплошной линией.

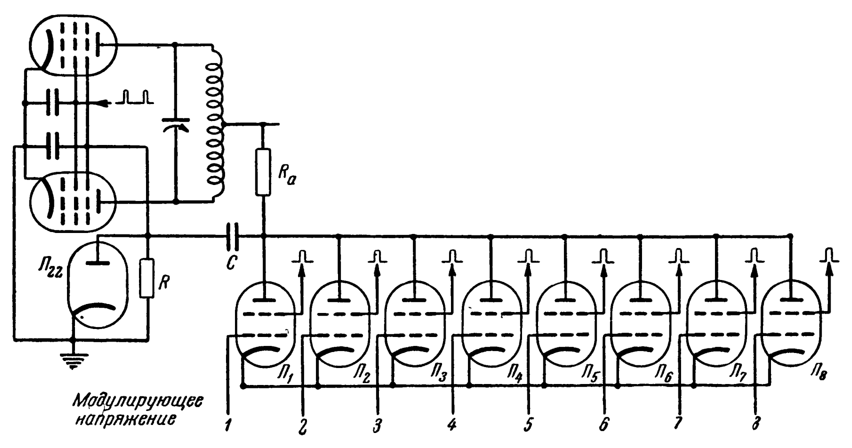
Генераторы канальных импульсов

Канальные импульсы вырабатываются лампами $Л_1$—$Л_8$ (фиг. 21), каждая из которых формирует импульс для одного, своего, канала. Модуляция каждого канала осуще-

ствляется подачей на управляющую сетку одной из этих ламп, соответствующей нужному каналу, модулирующего напряжения.

Все лампы работают на общую нагрузку R_a, а возникающие на ней канальные импульсы подаются на защитные сетки ламп оконечного каскада передатчика.

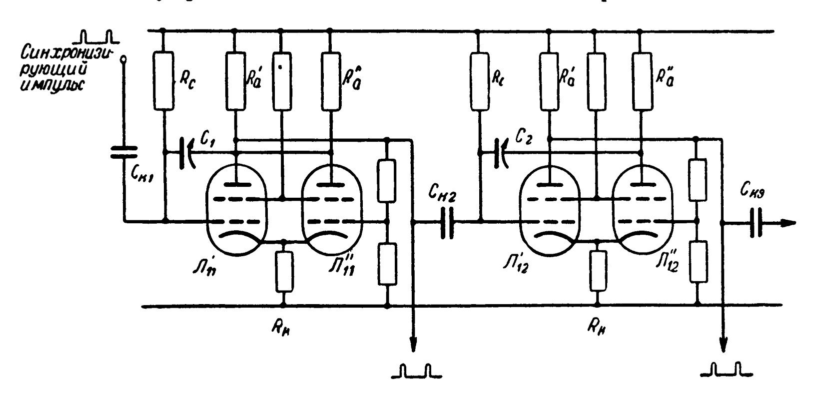
Диод $Л_{22}$ пропускает на оконечный каскад передатчика только отрицательные импульсы, а при отсутствии канальных импульсов ограничивает амплитуду несущей максимум в 80%.



Фиг. 21. Получение канальных импульсов.

Напряжение на экранирующих сетках ламп $Л_1$—$Л_8$ поддерживается настолько низким, что эти лампы заперты и на анодном сопротивлении R_a нет падения напряжения. Только в течение 11,1 *мксек*, отводимых для каждого канала, на экранирующей сетке соответствующей лампы имеется прямоугольный положительный импульс, отпирающий лампу на указанный промежуток времени. При этом на сопротивлении R_a возникает модулированный по амплитуде импульс соответствующего канала, причем последовательность отпирания ламп $Л_1$—$Л_8$ такова: немедленно вслед за синхронизирующим импульсом прямоугольный импульс длительностью в 11,1 *мксек* поступает на экранирующую сетку лампы $Л_1$; следующий импульс получает лампа $Л_2$ и т. д. в порядке возрастания номеров, пока все восемь ламп не будут поочередно отперты и синхронизирующий импульс не вызовет возникновения следующей серии импульсов отдельных каналов.

Селекторные прямоугольные импульсы для экранирующих сеток канальных ламп $Л_1$—$Л_8$ вырабатывают восемь генераторов селекции каналов, два из которых показаны на фиг. 22. Каждый генератор представляет собой мультивибратор с одной запертой лампой, не генерирующий до тех пор, пока к нему не будет подан запускающий импульс. В исходном положении лампа $Л'_{11}$ отперта и проходящий через нее ток создает на катодном сопротивлении $R_к$ падение напряжения, катод лампы $Л''_{11}$ при этом положителен относительно ее управляющей сетки и лампа заперта.



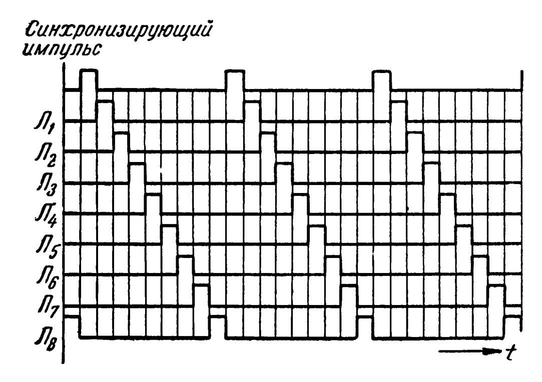
Фиг. 22. Схема двух генераторов селекторных импульсов.

При подаче на управляющую сетку лампы $Л'_{11}$ отрицательного импульса напряжение на ее аноде возрастает, а следовательно, возрастает и напряжение на управляющей сетке лампы $Л''_{11}$, которая начинает проводить. Тогда между управляющей сеткой лампы $Л'_{11}$ и ее катодом оказывается включенным конденсатор C_1, заряженный почти до напряжения источника анодного питания, причем отрицательная пластина конденсатора присоединена к управляющей сетке лампы. Поэтому лампа $Л_{11}$ запирается. Однако благодаря перезарядке конденсатора C_1 через сопротивление R_c напряжение на сетке лампы $Л_{11}$ снова нарастает выше уровня запирания и схема возвращается в исходное состояние покоя.

Изменение напряжения на сопротивлении R'_a имеет форму прямоугольного положительного импульса, ширина кото-

рого определяется постоянной времени R_c—C_1. Конденсатор C_1 даст возможность регулировать ширину импульса. Этот положительный импульс подается на экранирующую сетку селектируемой канальной лампы и отпирает ее.

Отрицательный импульс для запуска генератора селекторного импульса первого канала получают от синхронизирующего импульса, подводя его к управляющей сетке лампы $Л'_{11}$ через конденсатор $C_{к1}$, который при этом заряжается от тока сетки. После окончания синхронизирующего импульса этот конденсатор начинает разряжаться, создавая на сетке лампы отрицательный импульс запуска. Таким



Фиг. 23. Распределение во времени синхронизирующих и селекторных импульсов.

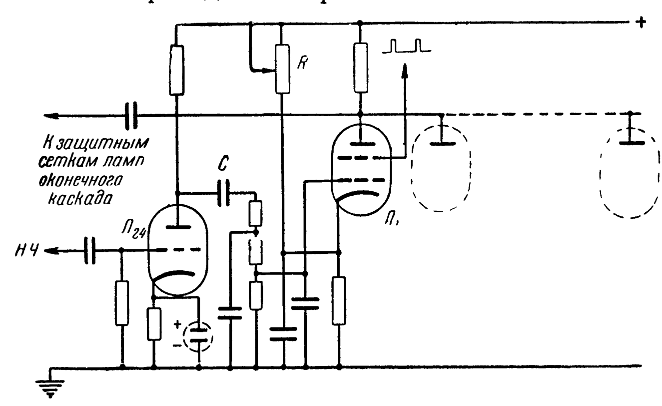
образом, момент окончания синхронизирующего импульса соответствует началу селекторного импульса первого канала. Селекторный импульс по форме соответствует синхронизирующему и поэтому он в свою очередь запускает генератор селекторного импульса следующего, второго, канала через конденсатор $C_{к2}$, а импульс этого канала запускает генератор третьего канала и т. д., как это показано на фиг. 23.

Из описания работы генератора селекторного импульса видно, что на аноде лампы $Л''_{11}$ создается импульс, подобный селекторному, но с отрицательным значением. В последнем, восьмом, канале этот отрицательный импульс используется для управления генератором синхронизирующих импульсов. Таким образом, мы имеем совершенно замкнутую цепь: синхронизирующий импульс запускает генератор селекторного импульса первого канала, тот запускает гене-

ратор второго канала и так до восьмого канала, импульсом которого вновь запускается генератор синхронизирующих импульсов.

Звуковой канал

Схема каскада передачи полосы звуковых частот через первый канал приведена на фиг. 24.



Фиг. 24. Каскад звукового канала.

Звуковая частота вначале усиливается лампой $Л_{24}$, после чего подается на управляющую сетку селектируемой лампы $Л_1$ этого канала. Так как в нашем случае предпочтение отдается более высоким тонам модуляции, то конденсатор связи C берется малой емкости. Однако, для того чтобы избежать интерференции высоких частот с частотой повторения импульсов 10 *кгц*, на пути звукового сигнала к управляющей сетке лампы $Л_1$ установлен сдвоенный RC-фильтр, срезающий частоты от 5 000 *гц* и выше. Подаваемое на эту же сетку лампы $Л_1$ напряжение отрицательного смещения регулируется переменным сопротивлением R для установки рабочей точки лампы на середину модуляционной характеристики.

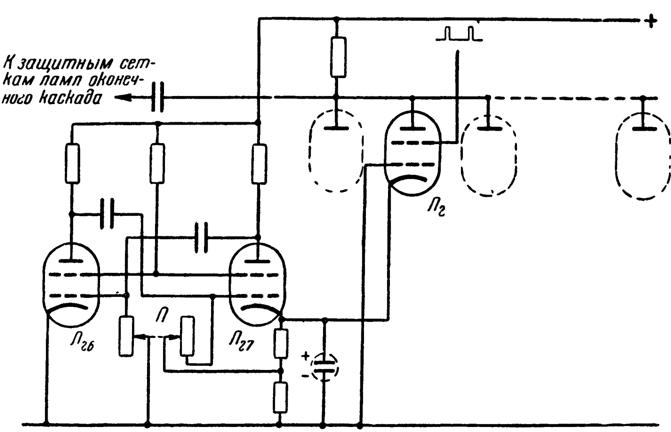
В остальном схема каскада обычная.

Канал полунепрерывного действия

Схема канала полунепрерывного действия приведена на фиг. 25 (для примера взят второй канал).

Левая часть схемы представляет собой мультивибратор, описанный ранее (фиг. 6). Амплитуда положительного

прямоугольного импульса, возникающего на катоде селектируемой лампы $Л_2$ при отпертой лампе $Л_{27}$ мультивибратора, выбрана такой, что лампа $Л_2$ остается запертой даже тогда, когда ее экранирующая сетка находится под положительным потенциалом селекторного импульса; импульс в анодной цепи этой лампы не возникает, и амплитуда несущей передатчика составляет 80%. Если в момент подачи селек-



Фиг. 25. Схема канала полунепрерывного действия.

торного импульса лампа $Л_{27}$ окажется запертой, то лампа $Л_2$ отопрется и в ее анодной цепи появится импульс, который, будучи подан на защитные сетки ламп оконечного каскада паредатчика, уменьшит амплитуду несущей до нуля.

Соотношение между временем, в течение которого канал включен, и временем, в течение которого он выключен, определяется положением ручки потенциометра $П_1$.

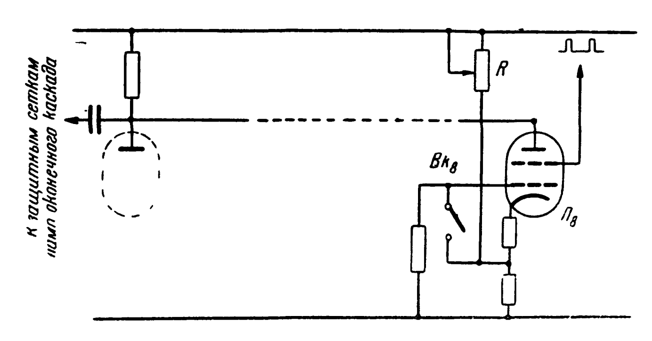
Канал простого переключения

Под простым переключающим каналом подразумевается канал управления, через который передаются только команды «Включено» и «Выключено». Схема подобного канала приведена на фиг. 26.

Управляющая сетка селектируемой канальной лампы $Л_8$ (в качестве примера выбран восьмой канал) соединена с землей через сопротивление и лампа полностью заперта благодаря положительному напряжению на ее катоде, регулируемому переменным сопротивлением R. Поэтому в анодной цепи канальных ламп импульсы этого канала от-

сутствуют, и амплитуда несущей передатчика составляет 80%.

При помощи выключателя $Вк_8$ на сетку лампы может быть подан положительный потенциал. В этом случае при подаче на экранирующую сетку селекторного импульса лампа $Л_8$ отопрется и на ее аноде возникнет импульс, а несущая в восьмом канале окажется подавленной.



Фиг. 26. Схема канала простого переключения.

Полная схема восьмиканального передатчика с импульсной модуляцией

На фиг. 27 (вклейка в конце книги) приведена полная схема восьмиканального передатчика с импульсной модуляцией. Основные элементы схемы нами были уже рассмотрены, поэтому остановимся лишь на некоторых деталях.

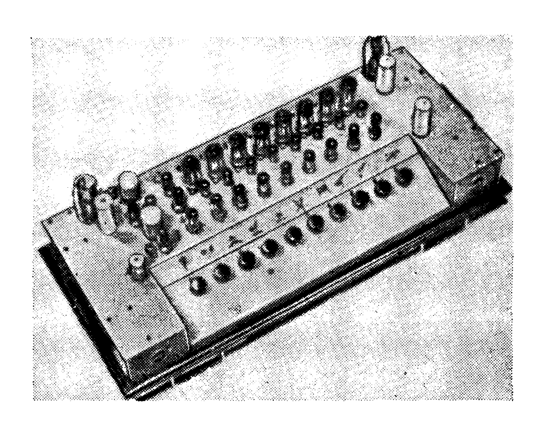
Высокочастотная часть схемы практически одинакова с высокочастотной частью передатчика с амплитудной модуляцией, описанного в гл. 1. Лампа $Л_{19}$ является генератором несущей частоты; она может выключаться выключателем $Вк_1$. Лампы $Л_{20}$ и $Л_{21}$ работают в схеме двухтактного выходного каскада, а сопротивление R_{124} предназначено для предотвращения его самовозбуждения. Экранирующие сетки ламп этого каскада модулируются от генератора синхронизирующих импульсов (лампы $Л_9$ и $Л_{10}$), а защитные сетки — от селектируемых канальных ламп (лампы $Л_1$—$Л_8$). Ширина синхронизирующих импульсов регулируется подстроечным конденсатором C_9, а ширина канальных импульсов — конденсаторами C_1—C_8.

В схеме звукового канала (канал *1*) имеется переключатель $Вк_2$ для переключения рода работы (от микрофона или от звукоснимателя). Лампа $Л_{25}$ служит предварительным

микрофонным усилителем. Глубина модуляции этого канала регулируется потенциометром $П_1$.

Каналы *2*, *3* и *4* — полунепрерывного действия. Необходимые для их работы прямоугольные импульсы вырабатываются мультивибраторами на лампах $Л_{26}$ и $Л_{27}$, $Л_{28}$ и $Л_{29}$ и $Л_{30}$ и $Л_{31}$. Они регулируются потенциометрами $П_2$, $П_3$ и $П_4$.

Каналы *5*, *6*, *7* и *8* — только переключающие. Они включаются или выключаются выключателями $Вк_5$, $Вк_6$, $Вк_7$ и $Вк_8$.



Фиг. 28. Общий вид шасси восьмиканального передатчика с амплитудно-импульсной модуляцией.

По практическим соображениям питание передатчика производится от двух выпрямителей на лампах $Л_{32}$ и $Л_{33}$, а нити накала ламп — от отдельного трансформатора $Тр_3$.

На фиг. 28 приведена фотография общего вида восьмиканального передатчика. Высокочастотная часть расположена слева. Первая ручка справа $Вк_1$ служит для выключения несущей передатчика, вторая $Вк_2$—для переключения звукового канала с микрофона на звукосниматель, третья $П_1$—для регулировки полосы частот первого канала, четвертая $П_2$, пятая $П_3$ и шестая $П_4$—для управления каналами полунепрерывного действия, седьмая $Вк_5$, восьмая $Вк_6$, девятая $Вк_7$ и десятая $Вк_8$ — для управления переключающими каналами.

Силовые трансформаторы и дроссели смонтированы в отдельных отсеках, с обеих сторон шасси. Это облегчает доступ к основному монтажу.

Блоки приемника восьмиканальной системы с амплитудно-импульсной модуляцией

Приемник в восьмиканальной системе с амплитудно-импульсной модуляцией состоит из блоков, выполняющих следующие функции:

1. Усиление принятого антенной сигнала.
2. Детектирование после усиления в усилителе промежуточной частоты.
3. Выделение синхронизирующего импульса.
4. Разделение канальных импульсов.
5. Детектирование канальных импульсов для выделения посланных сигналов управления.

Вначале рассмотрим отдельно каждый из этих блоков, а потом перейдем к описанию полной компоновки приемника.

Усиление принятого антенной сигнала

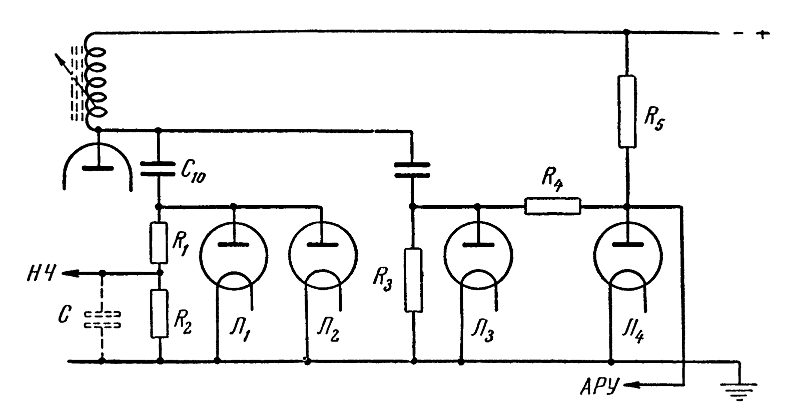
Для нормальной работы системы радиотелеуправления необходимо, чтобы напряжение низкой частоты на выходе приемника было порядка нескольких вольт, причем эта величина должна быть постоянной.

Незначительная крутизна характеристик батарейных ламп делает почти невозможным получить усиление непосредственно на частоте несущей в 100 *Мгц*. Поэтому приемник системы должен быть супергетеродинным, в котором нужное усиление достигается за счет применения каскада усиления промежуточной частоты. Чтобы сохранить крутой фронт принимаемых импульсов, пропускаемая приемником полоса частот должна быть порядка 2 *Мгц*. Для этого контуры каскада усиления промежуточной частоты (промежуточная частота 7 *Мгц*) шунтированы сопротивлениями, хотя это и снижает чувствительность каскада. Для усиления по промежуточной частоте выбраны лампы, позволяющие на каждую из них получить усиление порядка 20. Для получения заданной чувствительности приемника в нем применены два каскада усиления по промежуточной частоте. Напряжение АРУ подается в первый каскад.

Детектирование сигнала промежуточной частоты

Схема детектора приведена на фиг. 29. Сигнал детектируется диодами $Л_1$ и $Л_2$. Напряжение низкой частоты снимается с сопротивления R_2. Параллельно этому сопротивле-

нию подключаются управляющие сетки всех канальных селектируемых ламп (так же как в передатчике, все аноды этих ламп присоединены к общему сопротивлению нагрузки); их суммарная емкость составляет 40 *пф* (на схеме эта емкость C показана пунктиром). Чтобы не искажалась форма импульсов, величина сопротивления R_2 не должна превышать 6 *ком*, поэтому высокочастотной нагрузкой фактически является сопротивление R_1. Для получения хорошего коэффициента усиления детектора необходимо, чтобы емкость конденсатора связи C_{10} не была слишком мала,



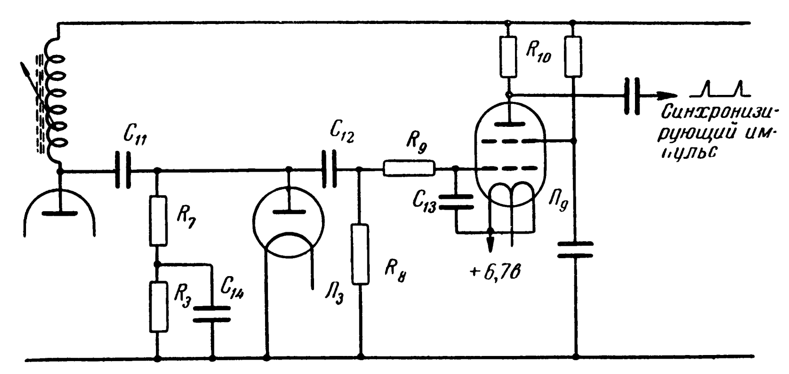
Фиг. 29. Схема детектора и задержанной АРУ.

внутреннее же сопротивление диода должно быть малым, чем и объясняется параллельное включение диодов $Л_1$ и $Л_2$.

Сигнал промежуточной частоты детектируется диодом $Л_3$ для получения напряжения АРУ. Диод $Л_4$ работает в схеме задержанного АРУ. Когда напряжение на выходе усилителя промежуточной частоты не превосходит некоторого порогового значения, через сопротивление R_5 и диод $Л_4$ течет ток. Анод диода $Л_4$ при этом находится под нулевым потенциалом по отношению к земле и цепь АРУ замкнута через него на землю. Если напряжение промежуточной частоты превышает установленное пороговое значение, то анод диода $Л_4$ становится отрицательным, диод перестает проводить и напряжение АРУ подается к регулируемой лампе первого каскада усилителя промежуточной частоты. Величина порогового напряжения при регулировке устанавливается порядка 6 *в*.

Выделение синхронизирующего импульса

Так как синхронизирующий импульс по амплитуде всегда на 20% больше канальных импульсов, то отделение его от импульсов каналов может быть осуществлено подачей на детектор отрицательного смещения, соответствующего 80% амплитуды несущей. Детектор тогда будет отпираться только при появлении на нем импульсов синхронизации, и на сопротивлении нагрузки выделится напряжение только этих импульсов. При колебании амплитуды несущей в результате замирания приема и т. п. величина отрицательного



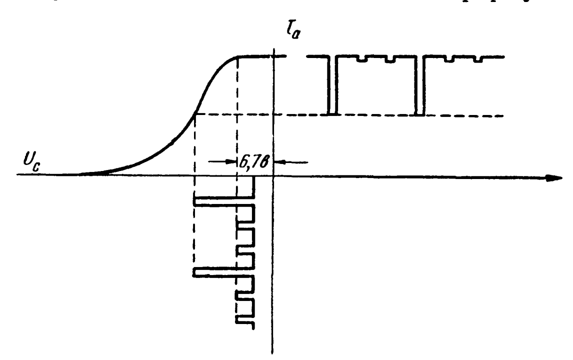
Фиг. 30. Схема детектора с одновременным выделением синхронизирующего импульса и усилителя этого импульса.

смещения должна следовать за этими колебаниями, с тем чтобы не изменялось первоначальное условие.

Схема детекторного каскада, отвечающего этим требованиям, приведена на фиг. 30. Напряжение смещения для диода $Л_3$ берется с сопротивления R_3, и оно пропорционально сигналу промежуточной частоты.

Однако обычно происходит детектирование и верхушек канальных импульсов, но в данном случае это не опасно, так как в результате соответствующего выбора рабочей точки лампы $Л_9$ верхушки канальных импульсов сильно ослабляются (фиг. 31). Происходит это следующим образом. Детектированный лампой $Л_3$ отрицательный импульс синхронизации подается на управляющую сетку лампы $Л_9$ через конденсатор C_{12} и сопротивление R_9. Поскольку форма синхронизирующего импульса очень важна (ею определяется устойчивость синхронизации всей системы), постоянная времени R_7C_{11} должна быть малой, а постоянная времени

R_8C_{12} достаточно большой. Фильтр, образуемый сопротивлением R_9 и конденсатором C_{13} и предназначенный для ослабления сигнала промежуточной частоты, по тем же самым причинам желателен с небольшой постоянной времени, однако при этом он не эффективен, и чтобы ток сетки лампы, появляющийся в результате попадания на нее напряжения промежуточной частоты, не искажал форму **импульса,**



Фиг. 31. Характеристика лампы $Л_9$.
Вследствие изгиба характеристики импульсы каналов значительно ослабляются.

эта лампа должна быть с большим значением напряжения отсечки. Смещение на этой лампе равно напряжению на ее катоде и доходит до 6,7 *в*. Путем подбора соответствующего режима можно получить завал характеристики при $U_c =$ $= -6{,}7$ *в*, как это показано на фиг. 31.

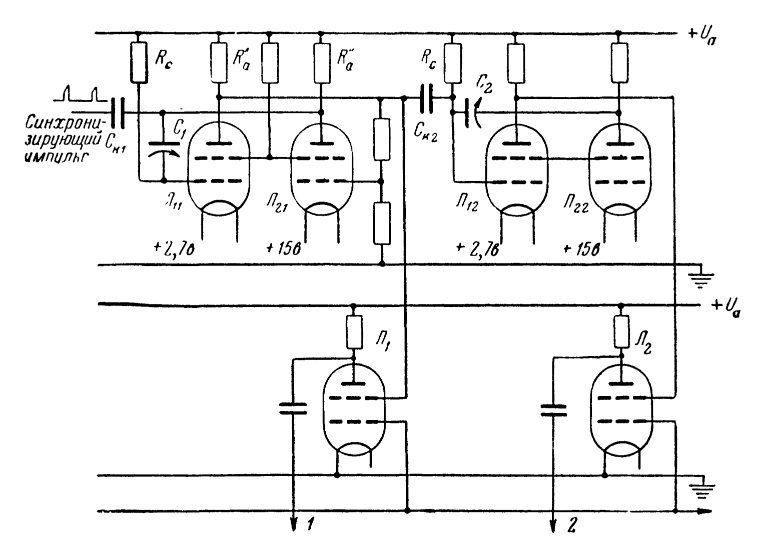
Разделение канальных импульсов

Схема, осуществляющая разделение канальных импульсов, очень сходна с той частью схемы передатчика, в которой происходит смешивание этих импульсов. Так же как и там, в ней имеются восемь селекторных генераторов, вырабатывающих прямоугольные положительные импульсы. Часть этой схемы приведена на фиг. 32.

Лампы $Л_{11}$ и $Л_{21}$ работают в первом канале, а лампы $Л_{12}$ и $Л_{22}$ — во втором и т. д. Помимо различия в величинах сопротивлений, отличие рассматриваемой схемы от той же схемы передатчика (фиг. 22) заключается главным образом в отсутствии общего катодного сопротивления $R_к$. Отрицательное напряжение смещения получается здесь путем подачи на один из выводов накала лампы $Л_{21}$ напря-

жения $+15$ *в* по отношению к земле. Сопротивление R_c и конденсатор C_1 определяют ширину генерируемого импульса и имеют те же величины, что и в передатчике.

Генераторы связаны между собой через конденсаторы $C_{к'}$, $C_{к''}$ и т. д. Первый генератор запускается импульсом синхронизации, снимаемым с анода лампы $Л_9$ (фиг. 30). Несмотря на довольно эффективную АРУ, этот импульс подвержен изменениям по амплитуде, а так как генератор дол-



Фиг. 32. Схема блока разделения канальных импульсов.

жен запускаться даже при слабом импульсе, то емкость конденсатора $C_{к1}$ должна быть значительно больше, чем на фиг. 22, или хотя бы превосходить емкость конденсатора C_1. Поэтому конденсатор $C_{к1}$ присоединен к сопротивлению R_a'', а не к сопротивлению R_c, как раньше, ибо в противном случае постоянная времени $R_cC_{к1}$ превосходила бы по величине постоянную времени R_cC_1 и ширина импульса первого канала зависела бы от амплитуды импульса синхронизации, а это вызвало бы нарушение синхронизации.

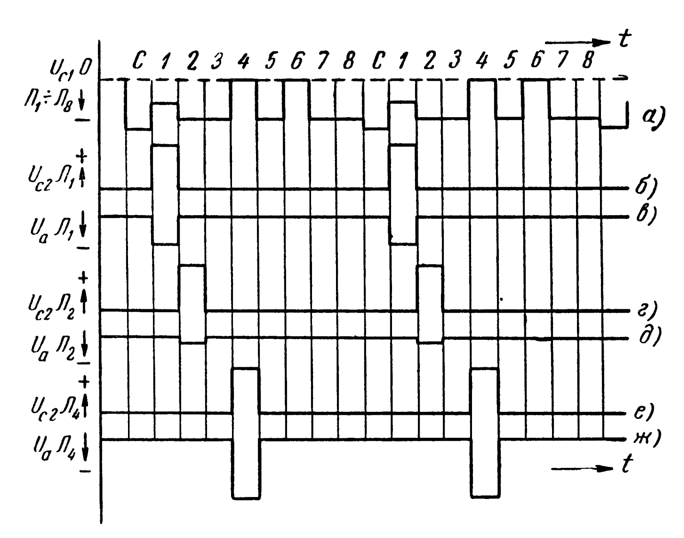
Управляющие сетки селектируемых ламп $Л_1$ и $Л_2$ соединены параллельно и на них поступают канальные импульсы с нагрузки детектора. Импульсы поступают одновременно на все лампы, но так как экранирующие сетки этих ламп ста-

новятся положительными поочередно и только на время действия импульса соответствующего канала, то каждая лампа пропускает через себя только импульс своего канала.

На фиг. 33 приведена диаграмма, в которой изображена форма импульсных напряжений на селектируемых лампах:

а — напряжение детектированного сигнала на управляющих сетках всех селектируемых ламп;

б — напряжение положительного селекторного импульса на экранирующей сетке первой селектируемой лампы $Л_1$;



Фиг. 33. Диаграмма импульсных напряжений на селектируемых лампах.

в — результирующее напряжение на аноде лампы $Л_1$ (так как в момент действия этого селекторного импульса на сетке лампы имеется некоторое отрицательное напряжение, то импульс на ее аноде невелик);

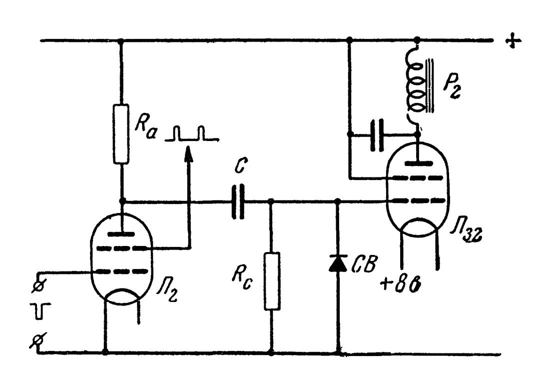
г и *д*—напряжения на экранирующей сетке и аноде лампы $Л_2$ (анодный импульс очень мал, так как управляющая сетка лампы находится под большим отрицательным потенциалом);

е и *ж* — напряжения на экранирующей сетке и аноде лампы $Л_4$ (анодный импульс имеет максимальную величину, так как на управляющей сетке этой лампы нет отрицательного потенциала).

Детектирование импульсов переключающих каналов

Импульсы каналов являются своего рода несущей для сигналов управления. Чтобы выделить сигналы управления, необходимо эту «несущую» продетектировать, т. е. отделить сигналы управления от несущих их импульсов. Схема для подобного детектирования приведена на фиг. 34.

В обычном состоянии лампа $Л_2$ заперта и конденсатор C нормально заряжен до напряжения U_a. В момент, когда



Фиг. 34. Схема для детектирования импульсов переключающих каналов.

лампа $Л_2$ отпирается, чтобы пропустить через себя импульс своего канала, конденсатор C разряжается через эту лампу и селеновый вентиль *СВ*. Поскольку сопротивление селенового вентиля в этом направлении прохождения тока мало, то управляющая сетка лампы $Л_{32}$ практически в этот момент находится под потенциалом земли. Когда же анодный ток лампы $Л_2$ вновь прекращается, управляющая сетка лампы $Л_{32}$ приобретает положительный потенциал, который затем постепенно спадает.

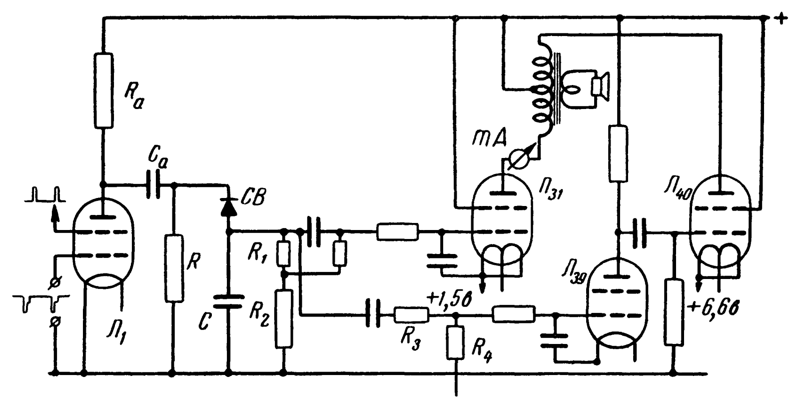
Постоянная времени конденсатора C и сопротивления R_c, которая определяет скорость спадания этого потенциала, ограничивается только нужной скоростью переключения и в общем случае может быть много больше 100 *мксек*, т. е. интервала между двумя последовательными импульсами одного канала. Таким образом, управляющая сетка лампы $Л_{32}$ находится под отрицательным потенциалом только в течение прохождения импульса этого канала, т. е. всего 11,1 *мксек*, после чего она становится положительной в течение около 90 *мксек*. Поэтому анодный ток лампы, прохо-

дящий через обмотку реле P_2 и замыкающий реле, прервется только на 11,1 *мксек*, что слишком мало для того, чтобы реле успело разомкнуться.

Когда управляющая сетка лампы $Л_2$ в период действия импульса этого канала находится под отрицательным потенциалом (канал выключен), лампа остается запертой, заряд конденсатора C постепенно прекращается и потенциал управляющей сетки лампы $Л_{32}$ падает до нуля. Лампа $Л_{32}$ запирается и реле размыкается.

Детектирование импульсов звукового канала

Схема детектора и двухтактного усилителя звукового канала приведена на фиг. 35. При отсутствии импульсов этого канала конденсатор C_a заряжается до напряжения U_a, а конденсатор C разряжается на сопротивлении R_1 и R_2.



Фиг. 35. Схема для детектирования импульсов звукового канала.

В период действия импульса этого канала лампа $Л_1$ отпирается и конденсатор C_a при этом разряжается, а конденсатор C заряжается через селеновый вентиль $СВ$. Величина его заряда определяется величиной анодного тока лампы $Л_1$, который в свою очередь зависит от величины отрицательного напряжения на ее управляющей сетке.

Значения величин элементов схемы подобраны так, что разряд конденсатора C_a и заряд конденсатора C полностью заканчиваются в течение длительности канального импульса.

После того как канальный импульс окончится и лампа $Л_1$ снова запрется, конденсатор C_a вновь начнет заряжаться

через сопротивления R_a и R, а конденсатор C разряжаться через сопротивления R_1 и R_2. Время, в течение которого это происходит, равно интервалу между двумя импульсами.

Напряжение на сопротивлениях R_1 и R_2 имеет пилообразную форму, средняя величина которого изменяется с частотой модуляции, и подается на управляющую сетку лампы $Л_{31}$ через RC-фильтр, предназначенный для подавления импульсной «несущей» в 10 *кгц*. Соотношение величин сопротивлений $R_2/R_1 + R_2$ зависит от типа лампы $Л_{31}$ и определяет положение ее рабочей точки.

Из схемы на фиг. 35 видно, что часть напряжения (определяемая отношением сопротивлений $R_4/R_3 + R_4$) подается на фазоинверторную лампу $Л_{39}$ через такой же RC-фильтр и далее на управляющую сетку второй выходной лампы $Л_{40}$. Выходная мощность каскада усиления низкой частоты — порядка 2 *вт*.

Перекрестные помехи

В телефонии под перекрестными помехами понимают такой вид помех, когда разговор, происходящий по одному каналу, слышен в другом канале. В нашем случае, когда имеется только один звуковой канал, а остальные являются по существу переключающими, нет оснований опасаться подобных помех. Здесь понятие перекрестных помех заключается в том, что включение или выключение механизмов в цепи одного канала и связанное с этим изменение величины потребляемого данным каналом тока может нарушить нормальную работу механизмов в цепях других каналов.

Однако больших помех такого рода не наблюдалось и единственно принятой мерой защиты было применение стабилизирующей лампы для поддержания постоянства напряжения питания приемника, за исключением его высокочастотной части.

Полная схема восьмиканального приемника

Полная схема приемника приведена на фиг. 36 (вклейка в конце книги). Его высокочастотная часть весьма сходна с уже описанной ранее высокочастотной частью приемника для двухканальной системы с амплитудной модуляцией. Лампа $Л_{29}$ является смесительной. Первая ее сетка соединена с гетеродином на лампе $Л_{30}$, включенной триодом. Лампы $Л_{19}$ и $Л_{20}$ работают в двухкаскадном усилителе промежуточной

частоты, из которых на первый подается напряжение задержанной АРУ. Диоды $Л_{41}$ и $Л_{42}$ предназначены для детектирования сигнала. Диоды $Л_{43}$ и $Л_{44}$ вырабатывают напряжение задержанной АРУ, а первый, кроме того, осуществляет выделение импульса синхронизации. Лампа $Л_9$ переворачивает фазу импульса синхронизации и подает этот импульс к генератору селекторного импульса первого канала на лампах $Л_{11}$ и $Л_{21}$.

Смещение диода $Л_{44}$ которое зависит от амплитуды несущей передатчика, подается на управляющую сетку релейной лампы $Л_{10}$. Реле P_1, включенное в анодную цепь этой лампы, замкнется, если амплитуда несущей станет очень мала или будет выключена в передатчике. Реле при этом выключит питание приемника (кроме его высокочастотной части), а также питание электродвигателей модели.

Сигнал промежуточной частоты, детектированный диодами $Л_{41}$ и $Л_{42}$, подается к управляющим сеткам селектируемых ламп $Л_1$ — $Л_8$. Экранирующие сетки этих ламп питаются от соответствующих генераторов селекторных импульсов, ширина которых регулируется подстроечными конденсаторами C_1 — C_8.

На схеме внизу показаны выходные лампы соответствующих каналов. Лампы $Л_{31}$ и $Л_{40}$ образуют двухтактный выход звукового канала и питают выходной трансформатор *Тр*. Лампа $Л_{39}$ — фазоинверторная. Остальные выходные лампы ($Л_{32}$ — $Л_{38}$) управляют реле P_2 — P_8.

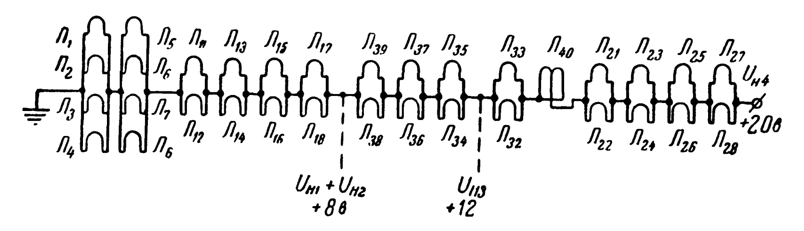
Питание накала ламп

Ток в цепи накала ламп приемника составляет всего 100 *ма*, поэтому в качестве источника питающего напряжения используются четырехвольтовые батареи карманного фонаря.

Схема соединения нитей накала ламп высокочастотной части приемника показана на фиг. 36. Ток накала ламп $Л_{29}$ и $Л_{10}$ составляет 50 *ма*, и так как эти лампы работают без постоянного отрицательного смещения, то их нити накала соединены параллельно друг с другом. Один выход накала присоединяется к земле, а другой — к цепи последовательно соединенных ламп $Л_9$, $Л_{19}$, $Л_{30}$ и $Л_{31}$. Лампа $Л_9$ (фазоинвертор синхронизирующего сигнала), напротив, требует большого отрицательного смещения, и поэтому ее нить накала присоединена к полюсу батареи с потенциалом +8 *в*. Нить накала выходной лампы $Л_{31}$ также подключается

к этой цепи ввиду отсутствия в других цепях подходящих точек включения.

Соединение нитей накала остальных ламп показано на фиг. 37. Порядок включения ламп определяется следующими особенностями их работы. Селектируемые лампы не имеют постоянного отрицательного смещения, ток накала каждой из них всего 25 *ма*, и поэтому они соединяются параллельно, двумя группами, по четыре лампы в каждой группе, а группы соединяются друг с другом последовательно, причем левая группа (лампы $Л_1$, $Л_2$, $Л_3$ и $Л_4$) соединяется с землей.



Фиг. 37. Соединение нитей накала ламп импульсной и низкочастотной части приемника.

Для получения большого по амплитуде селекторного импульса необходимо, чтобы генераторные лампы $Л_{11}$ — $Л_{18}$ имели на анодах полное напряжение и поэтому их нити накала соединяются попарно параллельно, четырьмя группами, включаемыми последовательно друг за другом сразу после селектируемых ламп, считая от минуса батареи.

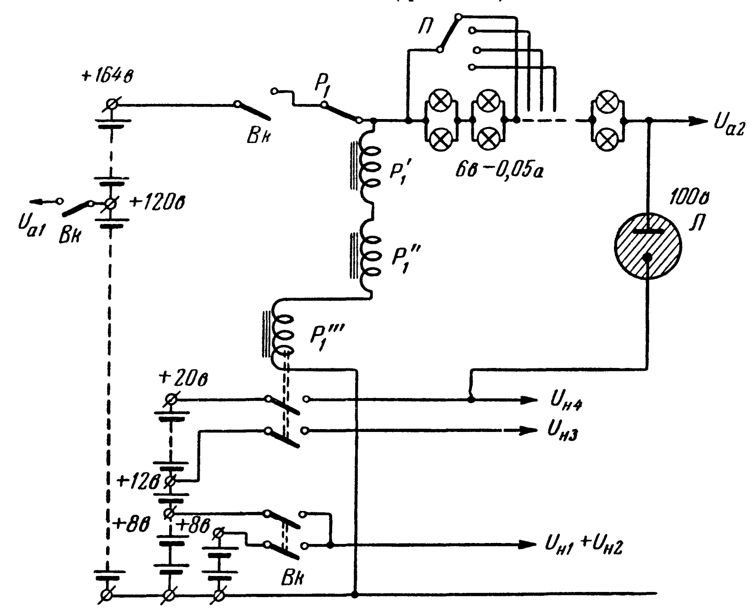
Другие генераторные лампы $Л_{21}$ — $Л_{28}$ должны иметь более высокое отрицательное смещение и их нити накала, соединенные попарно параллельно четырьмя последовательными группами, включены в общую цепь первыми со стороны полюса батареи с потенциалом +20 *в*. Это автоматически определяет последовательность включения нитей накала выходных ламп. Так как все эти лампы, исключая лампу $Л_{40}$, однотипны, то они соединены попарно параллельно четырьмя последовательными группами и ток каждой группы составляет 100 *ма*.

При таком большом количестве соединенных последовательно нитей накала ламп их общий анодный ток становится сравнимым с током накала, в результате чего ток накала увеличивается со стороны заземленного отрицательного полюса батареи и понижается по мере приближения к положительному полюсу.

Чтобы батарея нагружалась более равномерно и чтобы ток накала был независим от переключения в каналах, на батарее должно быть несколько выводов, а мощность ее у заземленного полюса должна быть выше. Так как только у выходных ламп анодный ток подвержен значительным колебаниям, то их надо выделить, подключив к отдельным выводам на батарее +8 *в* и +12 *в* (фиг. 36), а чтобы сделать батарею в заземленной части более мощной, параллельно общей батарее на 20 *в* присоединяется вторая батарея на 8 *в*. Обе батареи допускают расход тока в 100 *ма*.

Питание анодных цепей приемника

Для питания анодов ламп приемника используется источник, составленный из 41 батареи карманного фонаря, соединенных последовательно (фиг. 38).



Фиг. 38. Схема включения батарей и стабилизатора напряжения питания восьмиканального приемника.

Анодная цепь высокочастотной части приемника (U_{a1}) потребляет ток в 43 *ма*. Анодное напряжение импульсной части приемника равно 120 *в*; оно должно поддерживаться неизменным и не зависеть от истощения батареи и изменений в потреблении тока при переключениях в каналах. Стабилизация этого напряжения осуществляется неоновой ста-

билизирующей лампой $Л$ (типа 4687), рабочее напряжение которой равно 100 *в*. При присоединении катода этой лампы к батарее накала, потенциал по отношению к земле составляет 120 *в* и для гашения этих лишних 20 *в* используются 20 миниатюрных лампочек (6 *в*×0,05 *а*), предназначенных для иллюминации модели судна. Общее напряжение, подаваемое на стабилизирующую лампу, составляет 164 *в*. Потребляемый при этом напряжении ток равен 103 *ма*, из которых 33 *ма* проходят через стабилизирующую лампу.

При помощи главного выключателя *Вк*, переключаемого вручную, могут быть поданы следующие напряжения: 1) анодное напряжение U_{a1} для высокочастотной части приемника; 2) напряжение накала $U_н$ высокочастотной части приемника; 3) часть напряжения $U_{н2}$ батареи накала (8 *в*) импульсной части приемника, необходимо для накала детектирующих диодов $Л_{41}$ — $Л_{44}$, присоединенных к этой группе; 4) анодное напряжение U_{a2} импульсной части приемника, которое в отсутствие несущей передатчика выключает реле P_1 (приемник при этом находится в состоянии ожидания и готов к приему команд).

Когда в приемник начинает поступать высокочастотная несущая передатчика, контакты реле P_1 замыкаются и напряжение от анодной батареи через миниатюрные лампочки подается на лампу $Л_{41}$. Кроме того, при этом включаются обмотки реле P_1', P_1'' и P_1''', однако последние срабатывают с секундным запаздыванием, во время которого запускается стабилизирующая лампа $Л$. Эта лампа зажжется даже при значительном истощении батареи. Ток покоя, проходящий через лампу $Л$, может быть отрегулирован переключателем $П$, выключающим часть миниатюрных лампочек, причем этот ток течет только через нити накала ламп, уменьшая тем самым разряд батареи и удлиняя срок ее службы.

Нити накала ламп, входящие в группу на 8 *в*, соединяются с батареей через главный выключатель *Вк*, а нити накала остальных ламп — через реле P_1''.

Реле P_1' и P_1''' используются для выключения электродвигателей модели в отсутствие несущей передатчика.

Питание приемника от аккумулятора

Приемник можно питать не только от сухих батарей, но и от щелочного аккумулятора на 24 *в* емкостью в 15 *ач*. В этом случае отпадает необходимость в аккумуляторе

для питания электродвигателей модели (о нем будет сказано ниже). Только для питания серводвигателей и реле P_7' останутся восемь сухих элементов.

Питание нитей накала ламп производится непосредственно от аккумулятора. Так как напряжение отдельных элементов щелочного аккумулятора отличается от напряжения сухих элементов, то точка 12 *в*, которая была соединена с соответствующим выводом батареи, теперь сдвигается на один порядок ламп и подключается слева от лампы $Л_{40}$.

Напряжение 164 *в* для питания анодов ламп получают от вибропреобразователя, питаемого аккумулятором. Напряжение 120 *в*, питающее высокочастотную часть приемника, снимается с сопротивления в 1 *ком*, включенного последовательно в цепь с напряжением 164 *в*.

Броски тока, производимые вибропреобразователем, создают небольшой фон на внутреннем сопротивлении аккумулятора и в цепях накала ламп, который заметно прослушивается в звуковом канале, главным образом из-за фазоинверторной лампы $Л_{39}$. При подключении параллельно аккумулятору нескольких электролитических конденсаторов общей емкостью в 2 000 *мкф* фон в значительной мере ослабляется.

Возможности увеличения числа каналов свыше восьми

Говорить о возможности увеличения в описанной системе радиотелеуправления числа независимых каналов свыше восьми достаточно трудно. Однако эта возможность настолько очевидна, что ей следует посвятить несколько слов. Мы будем говорить не о выделении при помощи шагового реле из каждого независимого канала произвольного числа зависимых каналов, а об увеличении числа независимых каналов, предназначенных для одновременной передачи нескольких самостоятельных команд.

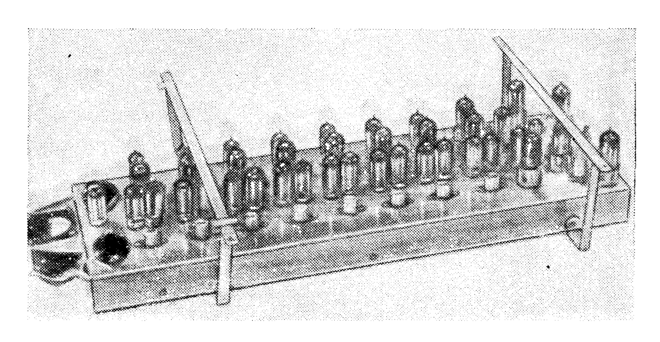
Если в системе радиотелеуправления обязателен звуковой канал и поэтому частоту повторения импульсов нельзя сделать меньше 10 *кгц*, то наиболее реальным путем увеличения числа независимых каналов явится увеличение числа импульсов в серии при соответствующем уменьшении их ширины. Однако практически выполнить такую систему на современных батарейных лампах почти невозможно, так как из-за малой крутизны их характеристик весьма трудно сконструировать генератор для получения очень узких импульсов. Более того, при большом числе каналов возра-

стают требования в отношении жесткости синхронизации системы. Допуски по частоте для генераторов селекторных импульсов при отклонениях могут иметь одинаковые знаки и будут суммироваться. Если эти допуски не будут достаточно малыми, то может оказаться, что их сумма превысит ширину импульса последнего канала. Тем самым ставится предел числу каналов, которые смогут разместиться между импульсами синхронизации.

Метод, позволяющий обойти эти препятствия, заключается в том, чтобы все восемь каналов сделать звуковыми. Тогда каждый канал может рассматриваться как несущая для системы с амплитудной модуляцией с двумя или даже тремя независимыми каналами. Таким путем могут быть получены 16 или 24 независимых канала. Правда, при этом становится труднее бороться с взаимными помехами между каналами, но если для соседних каналов взять разные частоты модуляции, то это не составит больших трудностей.

Конструкция восьмиканального приемника

На фиг. 39 приведена фотография общего вида шасси восьмиканального приемника. На переднем плане расположены восемь подстроечных конденсаторов, предназначенных для регулировки ширины импульсов каналов. Группы из четырех ламп за этими конденсаторами образуют цепь каждого канала. Впереди стоят две лампы генератора селекторного импульса, за ними селектируемая лампа и оконечная лампа. Лампы, смонтированные справа на шасси, относятся к высокочастотной части приемника; две лампо-



Фиг. 39. Общий вид шасси восьмиканального приемника.

вые панели слева служат в качестве разъемов проводов питания приемника и соединения его с блоком реле, находящихся в «машинном отделении».

Размеры шасси приемника 145×500 *мм*, а вес его 1 750 *г* (без реле).

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ КОРАБЛЯ С ВОСЬМИКАНАЛЬНЫМ ПРИЕМНИКОМ

Модель имеет следующие размеры: длина 2 *м*; ширина 30 *см*; осадка 15 *см*. Общий вес модели составляет 60 *кг*, из которых 12 *кг* приходятся на балласт.

Для управления моделью используются все восемь каналов: 1) звуковой канал; 2) канал непрерывного управления гребным винтом левого борта; 3) канал непрерывного управления гребным винтом правого борта; 4) канал непрерывного управления рулем; 5) канал управления спуском и подъемом четырех спасательных шлюпок; 6) канал управления поворотом подъемного крана; 7) канал управления лебедкой подъемного крана; 8) канал управления катапультой гидросамолета.

Установка для радиовещания

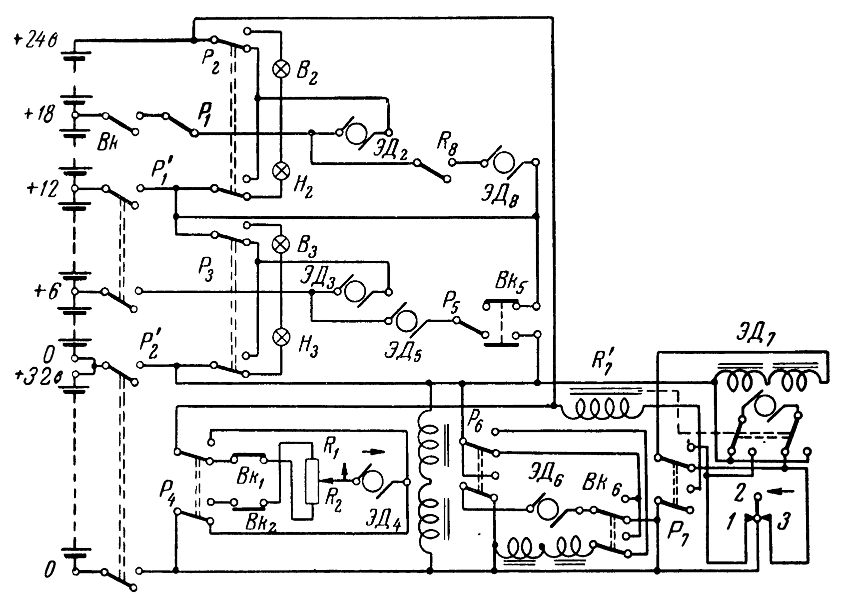
Схема этого канала была рассмотрена ранее. В установке, предназначенной для передачи музыки (граммзапись) или речи, используется трехваттный громкоговоритель, вделанный в палубу на носу модели. Переход с одного вида передачи на другой, а также регулировка громкости передачи производятся в передатчике.

Управление электродвигателями гребных винтов модели

Из-за большого веса и относительно малой скорости модель плохо слушается руля, и поэтому для хорошей маневренности судна необходимо два управляемых гребных винта. Учитывая водоизмещение, электродвигатели винтов должны быть достаточно мощными и в то же время экономичными.

Установленные на модели электродвигатели работали при напряжении 6 *в* и потребляли ток в 0,3 *а* каждый. Поскольку такая мощность не могла быть получена от бата-

рей карманного фонаря, пришлось использовать батарею из щелочных аккумуляторов с общим напряжением в 24 *в*, разделенную на четыре секции по 6 *в*. Каждый из электродвигателей обслуживали две секции аккумулятора: одна для вращения в одну сторону, а другая — в другую.



Фиг. 40. Схема включения реле и электродвигателей радиотелеуправляемой модели корабля.

Кроме упомянутых электродвигателей гребных винтов, имеется еще два таких же: один для спуска и подъема спасательных шлюпок, а другой для приведения в действие катапульты гидросамолета. Оба эти электродвигателя питаются от отдельных секций той же аккумуляторной батареи, но поскольку они работают по сравнению с электродвигателями гребных винтов очень мало и, принимая во внимание преимущественное движение модели вперед, они питаются от секций «заднего» хода модели.

Схема включения электродвигателей модели и управляющих ими реле приведена на фиг. 40. Батарея питания может быть отключена выключателем *Вк* и контактами реле $Р_1$, $Р_1'$ и $Р_2'$. Электродвигатель $ЭД_2$, вращающий гребной винт левого борта, управляется от реле $Р_2$, включенного

в цепи второго канала, а электродвигатель $ЭД_3$, вращающий гребной винт правого борта, управляется от реле $Р_3$.

Путем соответствующих манипуляций ручками управления на передатчике регулируется скорость движения модели и осуществляется ее разворот при помощи гребных винтов. Для индикации положений реле («Вперед» или «Назад») на корме судна установлены миниатюрные лампочки $В_2 — Н_2$ и $В_3 — Н_3$.

Управление рулем модели

Для управления рулем модели был использован электродвигатель от электробритвы, который на фиг. 40 обозначен как $ЭД_4$. Заметим, что электродвигатели $ЭД_6$ и $ЭД_7$ того же типа. Все они питаются от восьми последовательно соединенных батарей карманного фонаря с суммарным напряжением в 32 *в*, включенных последовательно с аккумуляторной батареей.

Электродвигатель руля управляется от реле $Р_4$, включенного в цепи четвертого канала. Обмотка статора присоединена к батарее на 32 *в*, а на ротор подается напряжение 56 *в* от последовательно соединенных аккумулятора и сухой батареи (32 *в* + 24 *в*).

В положении реле, показанном на фиг. 40, ток течет через ротор электродвигателя в направлении, отмеченном стрелкой. Направление вращения электродвигателя определяется положением ползунка потенциометра, который механически связан с ротором. Предположим, что вращение электродвигателя, а следовательно, и перемещение ползунка потенциометра происходят в направлении, указанном стрелкой. Благодаря возрастанию величины сопротивления R_2 в той части потенциометра, в которой протекает ток ротора электродвигателя, скорость его вращения постепенно уменьшается, пока, наконец, он не остановится, так как ток прервется концевым выключателем $Вк_1$. Когда реле $Р_4$ переключит обмотки электродвигателя, он начнет вращаться в обратном направлении с большой скоростью, так как сопротивление R_1 потенциометра в этот момент равно нулю. В общем можно сказать, что отношение между скоростями в обоих направлениях определяется отношением величин сопротивлений R_1/R_2 и, следовательно, зависит от положения ползунка потенциометра.

Так как схема этого канала — полунепрерывного действия, то электродвигатель может быть остановлен в любом

положении. Более подробно принцип работы такого канала был рассмотрен в гл. 1.

Для каждого положения ползунка потенциометра имеется соответствующее ему положение ручки управления на передатчике, а так как руль модели связан с этим ползунком через системы рычагов, то каждому положению ручки на передатчике соответствует и определенное положение руля модели.

Механическая часть рулевого управления выполнена следующим образом. Электродвигатель $ЭД_4$ вращает червячный шпиндель, на который надета муфта (в виде гайки, которая не вращается, а только перемещается вдоль шпинделя). К этой муфте прикреплены ползунок потенциометра и стержень, поворачивающий руль модели. Муфта может перемещаться от одного крайнего положения до другого, при достижении которых размыкаются концевые выключатели $Вк_1$ и $Вк_2$.

Спуск и подъем спасательных шлюпок

Спуск и подъем четырех спасательных шлюпок, находящихся на модели судна, осуществляется электродвигателем $ЭД_5$, управляемым от реле $Р_5$ пятого канала.

На фиг. 40 показано положение, при котором шлюпки находятся на борту модели. При замыкании верхних контактов реле $Р_5$ электродвигатель $ЭД_5$ начинает вращаться и шлюпки спускаются на воду. Вращение электродвигателя можно остановить в любой момент путем перевода контактов реле $Р_5$ в нижнее положение. Когда у реле замкнуты верхние контакты, электродвигатель вращается до тех пор, пока концевой переключатель $Вк_5$ не будет переведен этим же электродвигателем посредством специального упора в другое положение. Тогда при замыкании нижних контактов реле электродвигатель начнет вращаться в обратном направлении до тех пор, пока переключатель $Вк_5$ снова его не выключит.

Шлюпбалки состоят из неподвижных и подвижных частей. Последние, поддерживающие снизу шлюпку, могут скользить по роликам вниз, вдоль неподвижных U-образных направляющих, поворачиваясь в то же время наружу. Фалы шлюпок через шкивы в подвижных частях шлюпбалок проходят сначала вниз, а затем обратно вверх через шкивы в неподвижных частях шлюпбалок.

Для спуска шлюпок на воду фалы «травят» вниз, при этом подвижная часть шлюпбалки под влиянием собствен-

ного веса опускается, принимает наклонное положение и шлюпка выносится за борт. Когда подвижная часть шлюпбалки достигает своего нижнего положения, шлюпка опускается на воду.

При возвращении шлюпки на борт она сначала должна достигнуть шлюпбалки, после чего фалы поднимают подвижную часть шлюпбалки вместе со шлюпкой и подвешивают ее над бортом.

Тяговое усилие на фалы передается от электродвигателя через винтовой шпиндель. Так же как и в конструкции рулевого управления, муфта на винтовом шпинделе не вращается, а передвигается вдоль шпинделя, переключая в крайних положениях концевой переключатель $Вк_5$.

Кран для подъема модели гидросамолета

Краном подъема модели гидросамолета управляют два переключающих канала: шестой (поворот стрелы крана) и седьмой (вращение лебедки).

Электродвигатель $ЭД_6$ связан червячной передачей с осью стрелы. В крайних положениях происходит переключение направления вращения электродвигателя концевым переключателем $Вк_6$, подобным переключателю электродвигателя спуска и подъема спасательных шлюпок. Управление поворотом стрелы крана осуществляется при помощи реле $Р_6$. Стрела может быть остановлена в любом положении. В показанном на фиг. 40 положении стрела находится над палубой и электродвигатель обесточен. Если стрела переместилась за борт в крайнее положение, то сработает концевой переключатель $Вк_6$, и включившийся электродвигатель возвратит стрелу в исходное положение. Когда же реле $Р_6$ переключается (замыкаются его верхние контакты), то направление вращения электродвигателя изменяется и стрела поворачивается к борту.

Лебедка крана управляется от реле $Р_7$ и $Р_7'$. Два реле необходимы потому, что концевой переключатель (*1*, *2*, *3*) может быть только однополюсным. В зависимости от натяжения троса, переключатель может быть в следующих положениях:

1. Трос лебедки висит свободно, контакты *1* и *2* разомкнуты, а *2* и *3* замкнуты. У реле $Р_7$ замкнуты верхние контакты, а у реле $Р_7'$ — правые. Это исходное положение механизма лебедки: электродвигатель выключен, трос освобожден.

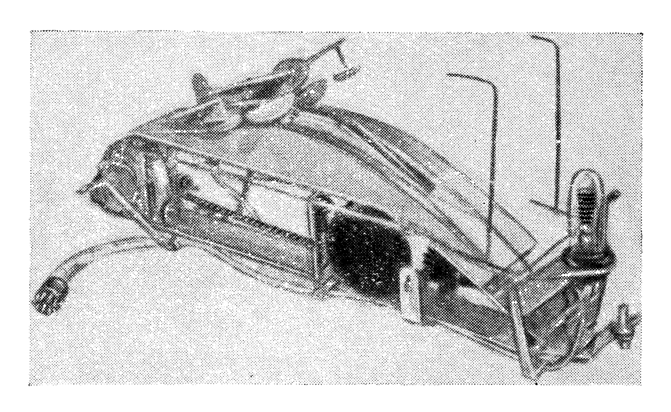
2. Трос лебедки несколько натянут (находится под «нагрузкой»). В этом случае все контакты соединены между собой и направление вращения электродвигателя определяется положениями контактов реле P_7 и P_7'.

3. Трос лебедки туго натянут. Это происходит после того, как оба реле переключаются на подъем (такое положение показано на фиг. 40) и крюк достиг конца стрелы. Контакт *2* оттянут тросом влево от контакта *3* и электродвигатель обесточен.

Крюк подъемного крана сделан из стального намагниченного прутка, а на модели гидросамолета тоже есть стальной намагниченный стержень.

Катапульта модели гидросамолета

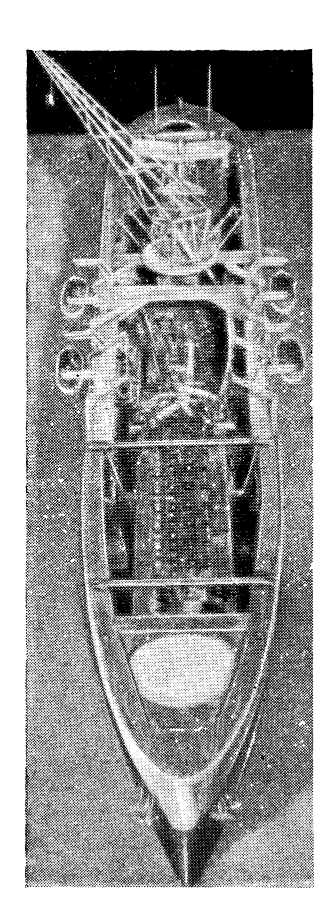
Катапульта для запуска в воздух модели гидросамолета приводится в действие электродвигателем $ЭД_8$, которым управляет реле P_8. Электрическая схема катапульты очень проста, так как электродвигатель всегда вращается в одном направлении и поэтому нет необходимости в концевом переключателе.



Фиг. 41. Механизм катапульты модели гидросамолета. Справа виден стабилизатор анодного напряжения приемника.

Катапульта (фиг. 41) состоит из наклонной стартовой дорожки (слева) и наклонной посадочной дорожки (справа). Они соединяются между собой горизонтальной платформой. Посередине, вдоль всего устройства, проходит направляющая канавка для хвостовой опоры гидросамолета,

имеется щель, через которую проходит крючок, приводи-
образуемая двумя полосками угловой латуни. В канавке
мый в движение бесконечной цепью, которая в свою очередь приводится в движение электродвигателем через зубчатое колесо и червячную передачу. Крючок зацепляется за хвостовую опору гидросамолета, и он начинает двигаться по стартовой дорожке к месту старта. При этом его поплавки зацепляются двумя ключками, проходящими сквозь щель в канавке и укрепленными на скользящем колесе, удерживаемом двумя пружинами, которые сжимаются. Как только крючок хвостовой опоры, укрепленный на цепи, достигнет места старта, он опрокидывается вниз, освобождая хвостовую опору гидросамолета и тот пружинами выбрасывается вперед, в воздух.



Фиг. 42. Блок «машинного отделения» модели судна.

По возвращении из «полета» гидросамолет поднимается на борт судна при помощи крана. Для этого осторожно маневрируют, стараясь коснуться намагниченным крюком крана магнитика на гидросамолете, а затем поднимают его из воды. Для придания нужного положения крыльям гидросамолета при его установке на посадочной площадке служат две направляющие шпильки, поднятые кверху. При повороте стрелы крана надо стараться, чтобы передняя кромка левого крыла соприкоснулась с левой направляющей шпилькой, а так как стрела крана может быть остановлена в любой момент, то это нетрудно. Когда гидросамолет опущен на посадочную дорожку в положении, определяемом направляющими шпильками, опора хвоста входит в канавку и захватывается крючком катапульты. Трос лебедки поддерживает гидросамолет до тех пор, пока тот окончательно не

установится в исходное положение и не захватится снизу всеми тремя крючками. Затем электродвигатель лебедки оторвет крюк от магнита гидросамолета, а направляющие шпильки уберутся механизмом катапульты.

Перед выпуском гидросамолета в воздух скользящее колесо, находящееся под стартовой дорожкой, замыкает специальный контакт и загорается сигнальная лампочка.

«Машинное отделение»

На фиг. 42 показан общий вид «машинного отделения» модели, в котором смонтированы 6 электродвигателей и 12 реле. Провода на переднем плане предназначены для соединения машинного отделения с приемником и с источником питания электродвигателей.

Под шасси приемника расположен блок батарей питания ламп. В средней части модели установлен блок питания электродвигателей. Машинное отделение расположено на корме. Над ним устанавливается катапульта.

Изготовление корпуса модели

Корпус модели корабля изготовляется следующим образом. Вначале по расчетным размерам из дерева делается модель корпуса. Палуба при этом делается плоской. Затем эту деревянную модель переворачивают вверх килем и кладут на большой лист бумаги. Края листа разрезают до самой палубы модели на параллельные полоски шириной в 2 *см* и модель как бы обертывают этими полосками, обрезая перекрытия полосок. Полученная бумажная выкройка корпуса расправляется и наклеивается на цинковый лист в 0,5 *мм* толщины. Цинк точно обрезается по выкройке, после чего цинковые полоски загибаются на той же деревянной модели (как и бумажные полоски) и пропаиваются вдоль швов.

По окончании этой операции цинковый корпус модели распиливается посередине и отделяется от деревянной модели, после чего продольный шов вновь пропаивается и в корпус впаиваются шпангоуты.

Чтобы паяные швы не были заметны, корпус модели перед окраской тщательно шлифуют и шпаклюют.

ТИПОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАДИОЛАМП, ПРИМЕНЯЕМЫХ

Параметр	Двойной триод ECC40	Пентод в. ч. EF42	Триод-гексод ECH41		Двуханодный кенотрон AZ41
			Триод	Гексод	
Напряжение накала, *в*	6,3	6,3	6,3		4,0
Ток накала, *а*	0,6	0,33	0,23		0,72
Анодное напряжение, *в*	250	250	100	250	—
Анодный ток, *ма*	6	10	8,5	—	—
Напряжение на 1-й сетке, *в*	—	—2	0	—	—
Напряжение на 2-й сетке, *в*	—	250	—	125	—
Ток 2-й сетки, *ма*	—	2,4	—	—	—
Напряжение на 3-й сетке, *в*	—	0	—	—	—
Ток 3-й сетки, *ма*	—	—	—	—	—
Напряжение на 4-й сетке, *в*	—	—	—	125	—
Напряжение на 5-й сетке, *в*	—	—	—	—	—
Ток 5-й сетки, *ма*	—	—	—	—	—
Крутизна характеристики, *ма/в*	2,9	9	1,9	—	—
Коэффициент усиления	—	—	19	—	—
Внутреннее сопротивление, *Мом*	0,011	0,5	—	—	—
Коэффициент преобразования	32	83	—	—	—
Оптимальная нагрузка, *ком*	—	—	—	—	—
Выходная мощность, *мвт*	—	—	—	—	—
Напряжение гетеродина, *в*	—	—	—	—	—
Сопротивление в цепи катода, *ом*	920	—	—	—	—
Эквивалентное шумовое сопротивление, *ом*	—	840	—	—	—
Входная емкость, *пф*	2,8; 2,6	9,4	4,8	3,4	—
Выходная емкость, *пф*	1,1; 0,7	4,3	1,5	6,0	—
Переменное напряжение на анодах, *в*	—	—	—	—	2×400
Выпрямленный ток, *ма*	—	—	—	—	60
Емкость конденсатора на входе фильтра, *мкф*	—	—	—	—	50

В ОПИСАННОЙ АППАРАТУРЕ РАДИОТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

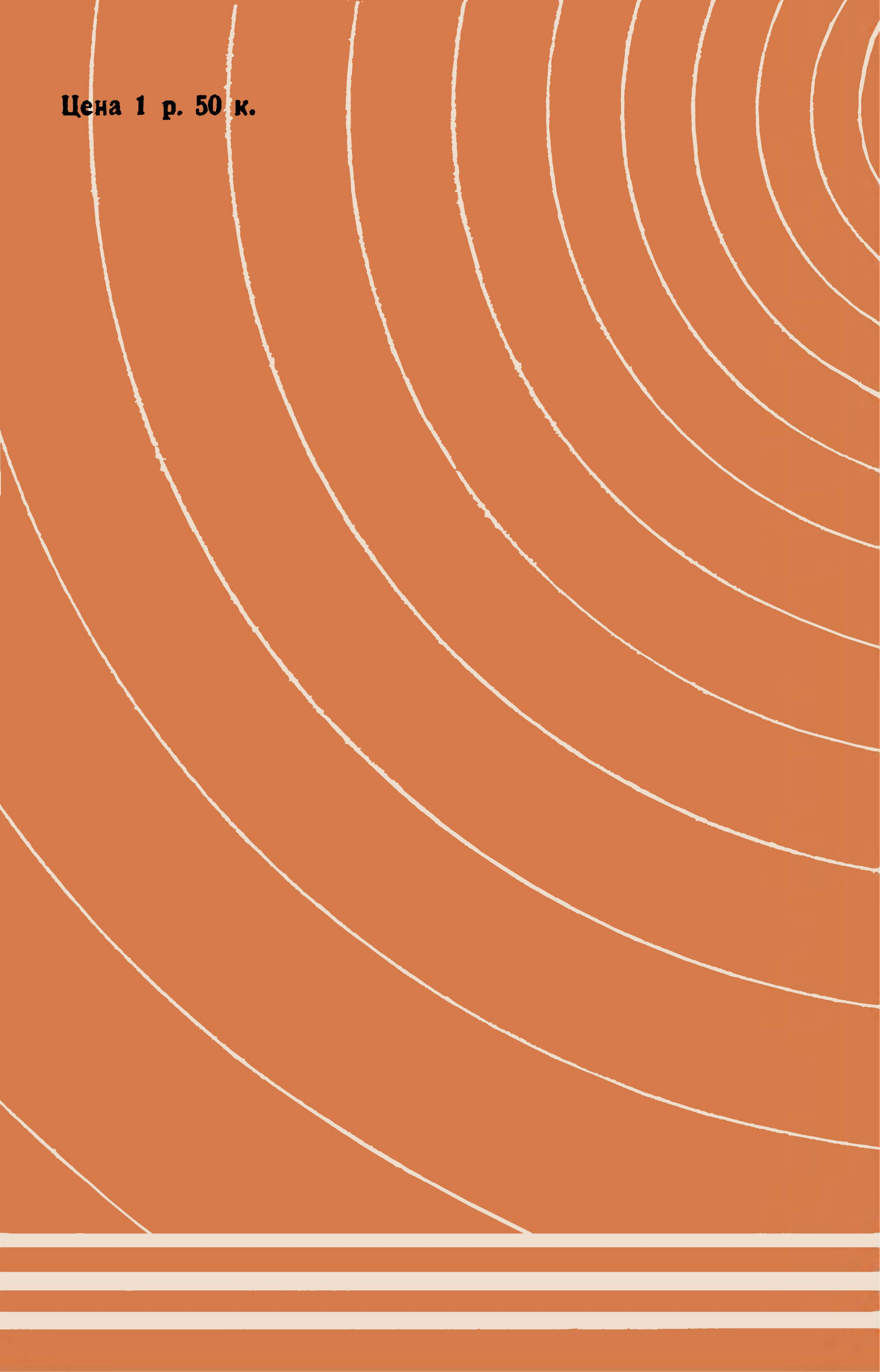
Диод EA50	Двойной пентод в. ч. EFF51	Пентод н. ч. EF40	Двуханодный кенотрон AZ4	Октод DK40	Выходной пентод DL41	Диод-пентод н. ч. DAF91	Выходной пентод DL92	Пентод в. ч. DF91	Диод-пентод в. ч. DAF40
6,3	6,3	6,3	4,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
0,15	0,75	0,2	2,3	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05	0,025
200	250	250	—	120	120	90	90	90	120
5	6	3	—	1	10	2,7	7,4	3,5	0,85
—	—2	—2	—	0—16,5	—5,65	0	—7	0—16	—6,8
—	200	140	—	67,5	120	90	67,5	67,5	120
—	1,2	0,55	—	2,6	1,65	0,63	1,5	1,4	0,2
—	—	0	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	67,5—120	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0,25	—	—	—	—	—
—	7,5	1,85	—	4,25	2,55	0,72	1,57	0,9	0,7
—	—	38	—	—	10	13,5	5	11	32
—	0,35	2,5	—	—	0,08	0,5	0,1	0,5	2,6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	12	—	8	—	—
—	—	—	—	—	—	—	270	—	—
—	—	—	—	8	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	800	—	—	—	—	—	—	19 000	—
—	9,6	3,8	—	6,9	4,7	—	4,35	3,6	2,8
—	4,5	5	—	9,6	5,3	—	6,0	7,5	3,7
—	—	—	2×400	—	—	—	—	—	—
—	—	—	150	—	—	—	—	—	—
—	—	—	60	—	—	—	—	—	—

СОДЕРЖАНИЕ

К ЧИТАТЕЛЯМ

Выпуски Массовой радиобиблиотеки служат важному делу пропаганды радиотехнических знаний среди широких слоев населения нашей страны и способствуют развитию радиолюбительства. В свете этих задач большое значение имеет привлечение радиолюбительской общественности к критике каждой вышедшей книги и брошюры.

Редакция Массовой радиобиблиотеки обращается к читателям данной книги с просьбой прислать свои отзывы, пожелания и замечания вместе с краткими сообщениями о своем образовании, профессии, возрасте и радиолюбительском опыте по адресу: Москва, Шлюзовая набережная, д. 10— Редакция Массовой радиобиблиотеки Госэнергоиздата.


Цена 1 р. 50 к.